



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Construcción.

La importancia del reciclaje de los materiales residuales generados por la industria de la construcción, en la ciudad de Querétaro.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Construcción

Presenta:

Victoria Ruiz Rodríguez.

Dirigido por:

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza.

SINODALES

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza.

Presidente

Dr. Diego Arturo López de Ortigosa.

Secretario

Dra. Teresa López Lara.

Vocal

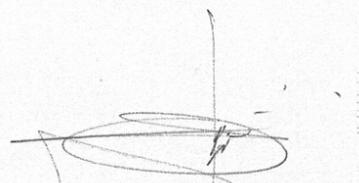
M.en I. Gerardo Rene Serrano Gutiérrez.

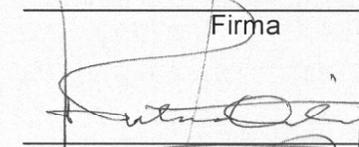
Suplente

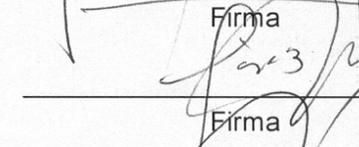
M.en C. Guillermo Rojas Villegas.

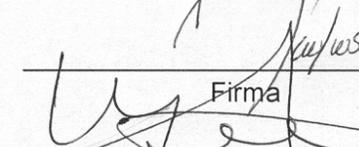
Suplente

Dr. Gilberto Herrera Ruiz
Director de la Facultad


Firma


Firma


Firma


Firma


Firma

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo, 2008
México

RESUMEN

Los problemas urbanos causados por el mal manejo de Materiales Residuales Originados en la Construcción (MROC), escombros y desperdicios, son crecientes. Estos representan entre el 12 y 18% del volumen total de residuos generados en las grandes urbes de nuestro país y, sin embargo, han sido considerados de menor importancia basados en la suposición incorrecta que los tipifica como inertes en su totalidad, y desprecia los componentes con potencial dañino. La ciudad de Querétaro, no cuenta con normas que establezcan la clasificación y gestión adecuada de estos residuos, aunado a la falta de espacios destinados para el vertido controlado, han generado la aparición de vertederos clandestinos en diferentes puntos de la ciudad, dejando de aprovechar un porcentaje considerable de material útil y contaminando ambiental y visualmente el entorno en el que se depositan. Con la finalidad de establecer una clasificación y el dimensionamiento de los MROC generados, esta investigación presenta el análisis de tres proyectos de construcción que incluyen la cuantificación de los volúmenes de MROC producidos durante su ejecución, logrando determinar un valor medio de producción de 0.478 metros cúbicos de MROC por cada metro cuadrado construido en una obra de vivienda nueva, esto generaría en un año el volumen correspondiente a la capacidad de dos estadios Corregidora. Además propone el acondicionamiento de espacios anteriormente explotados como bancos de materiales, para convertirlos en centros de acopio y reciclaje de MROC. Los datos obtenidos permiten cuantificar la problemática actual, y muestran la necesidad de acercarse progresivamente a una producción con un menor consumo de recursos y una menor generación de residuos, esto sólo es posible con la participación activa de la industria de la construcción y el compromiso de las instancias gubernamentales para establecer medidas que permitan gestionar de una forma más sustentable los recursos naturales.

(Palabras clave: materiales residuales, reciclaje, reuso).

SUMMARY

Urban problems caused by improper handling of Construction Originated Residual Materials (MROC), debris and scraps, are increasing. This scrap represents between 12 and 18% of the total volume generated in the big cities from our country and have, however, been considered of a lesser importance based on the incorrect assumption of classifying them as all inert matter, and underrating with this, potentially harmful components. Queretaro City does not have laws that establish classification and suitable management for this scrap; this combined with the lack of designated spaces for controlled spill, have led to the creation of clandestine spillways in different points on the city, neglecting therefore, the advantage of using a considerable high percentage of useful materials, contaminating, on the other hand, the environmental and visual surroundings where they are deposited. With the purpose of establishing a classification and the amount of the generated MROC, this investigation presents the analysis of three construction projects that includes the quantification of the MROC volumes produced during their execution, determining as well a mean production value of 0,478 cubic meters of MROC for each constructed squared meter in new houses. In our city, this amount would generate scrap as big as twice the volume of the Corregidora Stadium each year. In addition to this, the investigation proposes the conditioning of spaces previously operating as materials banks, to turn them into collecting and recycling centers of MROC. The data gathered, allows quantifying the present problem. It also shows the need to progressively approach the construction processes with techniques that lead to consume less resources and therefore, smaller scrap generation. This is possible only with Construction Industry and Government commitment in order to establish the right measures that allow a sustainable way of managing our natural resources.

(Key words: residual materials, recycling, reuse)

DEDICATORIA

*En memoria de mi padre Rosalio Ruiz Villa.
A mi esposo Víctor Hugo Cortez Pérez,
y a nuestros hijos; Iván de Jesús y Ricardo Uziel.*

A mi Madre, hermanos y sobrinos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento, a todos aquellos que colaboraron en la elaboración del presente documento. Al Dr. Juan Bosco Hernández, director de tesis, le dirijo mi especial gratitud por el apoyo personal e institucional que me brindó a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por la oportunidad de crecer y desarrollarme profesionalmente dentro de su academia, así como a todas aquellas personas integrantes del Posgrado de Ingeniería por su respaldo durante el periodo de convivencia.

ÍNDICE GENERAL

	Página.
<i>RESUMEN</i>	<i>II</i>
<i>SUMMARY</i>	<i>III</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>IV</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>V</i>
<i>ÍNDICE GENERAL</i>	<i>VI</i>
<i>ÍNDICE FIGURAS</i>	<i>X</i>
<i>ÍNDICE TABLAS</i>	<i>XIV</i>
<i>CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN.</i>	<i>1</i>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.	5
1.3 Objetivo del trabajo.....	13
1.4 Hipótesis del trabajo.....	14
1.5 Metodología.....	14
1.6 Ámbitos de Aplicación.	15
<i>CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.</i>	<i>16</i>
2.1. Marco Normativo.	16
2.1.1 El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la Agenda 21; sus inicios y desarrollo.....	16
2.1.2 El programa Agenda 21, alcances.....	20
2.1.3 El ACV, como instrumento medioambiental.	22
2.1.4. Políticas medioambientales en México.....	25
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	27
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	28
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.	30
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental.	30
Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro.	31

	Página.
2.2 Marco Conceptual.	33
2.2.1 El medio ambiente en el sector de la construcción.....	33
2.2.2 Impactos ambientales.....	36
2.2.3 Contaminación del aire por partículas.	39
2.3 Gestión de los MROC en la Unión Europea.	40
<i>CAPÍTULO 3. LOS MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN.</i>	<i>43</i>
3.1 El hombre y el uso de los materiales.....	43
3.2 El análisis de ciclo de vida aplicado a productos del sector de la construcción.	45
3.3 Materiales de la construcción para la ciudad de Querétaro.....	47
3.3.1 Morteros y concretos.....	49
3.3.2 Bloques diversos y piezas cerámicas.....	50
3.3.3 Estructuras de Madera.	51
3.3.4 Materiales Pétreos.....	51
3.3.5 El hierro y el acero.....	52
3.4 Impactos al medio ambiente de los productos de la construcción.....	53
<i>CAPÍTULO 4. LA CLASIFICACIÓN Y GENERACIÓN DE MROC.</i>	<i>58</i>
4.1 Características de los MROC	58
4.2 La Industria de la construcción fuente generadora de MROC.....	61
4.2.1 La construcción de obras nuevas.	62
4.2.2 Las demoliciones.....	63
4.2.3 Las ampliaciones y remodelaciones de estructuras existentes.	65
4.3 Composición de los MROC.	65
4.3.1 En la construcción de obras nuevas.....	67
4.3.2 Proceso de clasificación de los MROC en la construcción de obras nuevas.....	78
4.3.3 Demoliciones de estructuras.	81
4.3.4 Ampliaciones o remodelaciones de estructuras existentes.	85
4.4 Componentes peligrosos en los productos de la construcción.....	89
4.5 Vida útil nominal de los componentes constructivos.	91
<i>CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS MROC.</i>	<i>93</i>
5.1 Propuestas para la disminución, dentro de la misma obra, de los volúmenes producidos de MROC en un proceso constructivo.	93
5.1.1 MROC, en los trabajos preliminares.....	94

	Página.
5.2 Propuestas para la disminución de la producción de MROC, en el proceso de demolición de obras completas.	103
5.3 Propuestas para la disminución de contaminación del entorno durante el proceso de construcción.	106
5.4 Propuesta de un proceso de gestión integral de los MROC, para la ciudad de Querétaro.	108
5.4.1 Objetivos tecnológicos del proceso de gestión de MROC.....	109
5.4.2 Objetivos medioambientales del proceso de gestión de MROC.....	109
5.4.3 Objetivos sociales del proceso de gestión de MROC.....	110
5.4.4 Objetivos económicos del proceso de gestión de MROC.....	110
5.4.5 Objetivos legales del proceso de gestión de MROC.	111
5.4.6 Centro de Acopio y Reciclaje, CAR, de MROC.	111
5.4.7 Equipamiento Básico para el establecimiento del CAR.....	111
5.4.8 Plantas de tratamiento de áridos.....	112
5.5. Propuesta de proceso de gestión interna.	114
5.5.1 Selección y acumulación inicial.	114
5.5.2 Transporte de los MROC al CAR.	114
Camiones de gran tonelaje.....	115
Camiones de tonelaje medio.	115
Contenedores.....	116
5.5.3 Pesaje y valorización del material.	116
5.5.4 Clasificación del material.....	117
MROC no inertes.....	118
MROC inerte.	119
5.5.5 Centro de selección y valorización de material de reuso.....	119
5.5.6 Tratamiento de reciclaje de MROC.	121
5.5.7 Valorización del material secundario.....	126
Materiales inertes.	126
El vidrio.....	127
Plástico.....	127
5.5.8 Centro de Restauración Paisajista (CRP).	130
5.5.9 Centro de Acopio de Material de Reuso (CAMR) y secundario.....	131
5.6 Campos de aplicación de los materiales reciclados.	131
5.7 Propuesta de programa de formación y educación ambiental sobre la gestión de MROC.	133
5.8 Ventajas y desventajas de la instalación de un centro de gestión de MROC.	135
CAPÍTULO 6. CENTROS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJISTA	
(CAP).	138

	Página.
6.1 La explotación de bancos de materiales en la ciudad de Querétaro.	138
6.2 Impactos generados por la explotación de bancos de materiales en la ciudad de Querétaro.	139
6.3 El proceso de explotación de bancos de materiales.	140
6.3.1 Localización de los bancos.....	140
6.3.2 Exploración, muestreo y análisis de bancos.....	141
6.3.3 Preparación del banco.....	142
6.3.4 Explotación del banco.	143
6.3.5 Etapa final de la explotación de un banco de materiales.....	144
6.4 Propuesta para la recuperación de espacios degradados en la ciudad de Querétaro.	144
6.4.1 Banco de tiro el Romerillal.....	147
6.4.2 Banco de tiro Cuesta China, Querétaro.....	148
6.4.3. Banco de tiro del Pedregal.	150
6.4.4 Banco de tiro ejido Jurica.	151
6.5 Centro de Restauración Paisajista CAP.	152
6.5.1 Equipamiento básico para un CAP.....	152
6.5.2 Proceso general del CAP.	153
6.5.3 Recepción y aceptación de la carga en el CAP.....	154
6.5.4 Clasificación del material.....	154
6.5.6 Centro de restauración ambiental.....	155
<i>CONCLUSIONES</i>	156
<i>RECOMENDACIONES</i>	160
<i>GLOSARIO DE TÉRMINOS</i>	161
<i>ABREVIATURAS</i>	166
<i>REFERENCIAS</i>	167

ÍNDICE FIGURAS

	Página.
Figura 1.1 <i>Los materiales en el proceso de la construcción en México.</i>	2
Figura 1.2 <i>Propuesta de ciclo de vida de los materiales en la Construcción.</i>	3
Figura 1.3 <i>Banco de tiro camino a Mompaní, Querétaro.</i>	7
Figura 1.4 <i>Plano de la ciudad en el año de 1760.</i>	8
Figura 1.5 <i>Plano de la ciudad en el año 1778.</i>	8
Figura 1.6 <i>Plano de la ciudad en el año 1950.</i>	8
Figura 1.7 <i>Plano de la ciudad en el año 1965.</i>	8
Figura 1.8 <i>Crecimiento urbano de la ciudad de Querétaro entre 1970 y 2002.</i>	9
Figura 1.9 <i>Zona habitacional San Pedrito Peñuelas, Qro.</i>	11
Figura 1.10 <i>Escombros colonia Centro Sur, Querétaro.</i>	12
Figura 1.11 <i>Escombros vertidos en la colonia Burócrata, Qro.</i>	12
Figura 1.12 <i>Escombros vertidos en la colonia Unión Nacional, Qro.</i>	12
Figura 1.13 <i>Banco de Material camino a Mompaní, Qro.</i>	13
Figura 2.1 <i>Marco de análisis del ciclo de vida, según la ISO 14.040:199.</i>	23
Figura 2.2 <i>Nuevo paradigma hacia una construcción sostenible</i>	35
Figura 3.1 <i>Flujo genérico del ciclo de vida de un producto.</i>	46
Figura 3.2 <i>Materiales utilizados para pisos en viviendas.</i>	48
Figura 3.3 <i>Materiales utilizados para paredes en vivienda.</i>	49
Figura 3.4 <i>Materiales utilizados para techos en viviendas.</i>	49
Figura 3.5 <i>Materiales utilizados para la edificación y la Obra Pública.</i>	49
Figura 4.1 <i>Vertido incontrolado de MROC, en la ciudad de Querétaro.</i>	59
Figura 4.2 <i>Vertido de MROC en terreno baldío, ubicado en la zona urbana de la ciudad de Querétaro.</i>	59
Figura 4.3 <i>Vertido de MROC en los límites urbanos de la ciudad de Querétaro.</i> ..	59
Figura 4.4 <i>MROC generados por la industria de la Construcción.</i>	60
Figura 4.5 <i>MROC con características de inertes.</i>	60
Figura 4.6 <i>MROC generados por la industria de la construcción, en la ciudad de Querétaro.</i>	61
Figura 4.7 <i>Terreno utilizado como vertedero clandestino, en la ciudad de Querétaro.</i>	61
Figura 4.8 <i>MROC generados por la demolición del CRIQ, en la ciudad de Querétaro.</i>	61
Figura 4.9 <i>Terreno baldío utilizado como vertedero clandestino, en la ciudad de Querétaro.</i>	61
Figura 4.10 <i>Demolición de estructura, en la Ciudad de Querétaro.</i>	63
Figura 4.11 <i>Valor de la Producción de las Empresas Constructoras por Sector Institucional para la ciudad de Querétaro.</i>	67
Figura 4.12 <i>Porcentajes de obras ejecutadas por tipo de construcción en el año 2004 en la ciudad de Querétaro.</i>	68

Figura 4.13 <i>Cimentación vivienda nueva, ubicada en la Delegación Josefa Vergara en la ciudad. de Querétaro</i>	70
Figura 4.14 <i>Sistema constructivo por medio de muros de tabicón blanco.</i>	70
Figura 4.15 <i>Sistema constructivo en cadenas y castillo</i>	71
Figura 4.16 <i>Sistema constructivo utilizado para losa.</i>	71
Figura 4.17 <i>Proceso constructivo vista general, vivienda ubicada en Qro.</i>	72
Figura 4.18 <i>Sistema constructivo acabados exteriores, vivienda ubicada en Qro.</i> 72	
Figura 4.19 <i>Obra terminada de casa prototipo de 92 m2</i>	74
Figura 4.20 <i>Obra general de fraccionamiento ubicado en la ciudad de Querétaro.</i>	74
Figura 4.21 <i>Vista general de los trabajos realizados de obra exterior</i>	74
Figura 4.22 <i>Recolección de MROC de obra, vivienda en la Cd. de Qro.</i>	75
Figura 4.23 <i>Composición de MROC obra nueva, vivienda en la Cd. de Qro.</i>	75
Figura 4.24 <i>Valorización de MROC, trozos de tabicón de cemento</i>	76
Figura 4.25 <i>Valorización de MROC, trozos de concreto.</i>	76
Figura 4.26 <i>Concentración de MROC generados en el proceso constructivo, vivienda en la Cd. de Qro.</i>	76
Figura 4.27 <i>Separación de maderas contenidas en los MROC recolectados.</i>	76
Figura 4.28 <i>MROC, producto del proceso de colado que incluyen restos de cemento.</i>	78
Figura 4.29 <i>Tierras negras producto de excavación, generados en el proceso constructivo.</i>	78
Figura 4.30 <i>Sobranante de grava y arena, generados en el proceso constructivo de una vivienda.</i>	78
Figura 4.31 <i>Suelos producto de excavación, generados en el proceso constructivo de una vivienda</i>	78
Figura 4.32 <i>Ubicación del CRIQ, en la ciudad de Querétaro.</i>	81
Figura 4.33 <i>MROC generado por la demolición del CRIQ, Querétaro.</i>	82
Figura 4.34 <i>Demolición de CRIQ Querétaro</i>	82
Figura 4.35 <i>Desmontaje de Pisos CRIQ.</i>	82
Figura 4.36 <i>Volúmenes de materiales generados por la demolición del CRIQ.</i>	83
Figura 4.37 <i>Techos y tierras generadas por la demolición del CRIQ.</i>	83
Figura 4.38 <i>Ubicación Av. Pasteur, Delegación Josefa Vergara, Querétaro</i>	86
Figura 4.39 <i>Proyecto de modernización. Av. Pasteur, Querétaro.</i>	86
Figura 4.40 <i>Ejecución de la Obra Av. Pasteur, Querétaro.</i>	87
Figura 4.41 <i>Selección de MROC, Av. Pasteur, Querétaro.</i>	87
Figura 4.42 <i>Material sobrante obra Av. Pasteur, Querétaro</i>	87
Figura 4.43 <i>Remoción de tierras en Av. Pasteur, Querétaro</i>	87
Figura 5.1 <i>Habilitado de áreas verdes y de esparcimiento</i>	96
Figura 5.2 <i>Habilitado de caminos dentro de las áreas de esparcimiento.</i>	96
Figura 5.3 <i>Utilización de suelos producto de excavación para generar volúmenes.</i>	96
Figura 5.4 <i>Utilización de rocas como decoración dentro de las áreas verdes</i>	96

	Página.
Figura 5.5 <i>Utilización ornamental de piedras sobrantes de cimentación.....</i>	97
Figura 5.6 <i>Jardines y espacios abiertos ambientados urbanísticamente con piedras sobrantes de cimentación.....</i>	97
Figura 5.7 <i>Jardinera central diseñada con rocas encontradas en la zona de ejecución del proyecto.....</i>	98
Figura 5.8 <i>Fuente ubicada en un centro de esparcimiento realizado con rocas. ..</i>	98
Figura 5.9 <i>Área común y de esparcimiento,</i>	98
Figura 5.10 <i>Murete realizado con trozos de armex de acero.</i>	100
Figura 5.11 <i>Muretes de CEA y CFE, contruidos empleando trozos de varilla y diferentes residuos de concreto.</i>	100
Figura 5.12 <i>Aprovechamiento de los residuos de concreto, generados en las diferentes actividades ejecutadas en obra.</i>	100
Figura 5.13 <i>Área verde delimitada con cilindros de concreto enterrados alrededor de la zona.....</i>	101
Figura 5.14 <i>Cilindros de concreto colocados como límite entre las áreas verdes y un camino peatonal.</i>	101
Figura 5.15 <i>Jardinera delimitada por medio de cilindros de concreto.</i>	101
Figura 5.16 <i>Limite entre dos diferentes áreas por medio de cilindros de concretos.</i>	101
Figura 5.17 <i>Área de esparcimiento en donde se utilizo sobrantes de arenas y gravas.</i>	102
Figura 5.18 <i>Área de juegos infantiles diseñada con diferentes arenas y gravas.</i>	102
Figura 5.19 <i>Zona de equipamiento urbano, en donde se utilizaron diferentes tierras para la nivelación del terreno.</i>	102
Figura 5.20 <i>Vista general de la zona destinada como equipamiento urbano, habilitada con materiales reciclados.....</i>	103
Figura 5.21 <i>Zona de recreación y área verde habilitado con materiales reciclados.</i>	103
Figura 5.22 <i>Ejemplo de una demolición tradicional.</i>	104
Figura 5.23 <i>Propuesta de esquema general del proceso de flujo de materiales en el Centro de Acopio y reciclaje de MROC.</i>	108
Figura 5.24 <i>Planta de reciclado de áridos.</i>	113
Figura 5.25 <i>Contenedor de MROC capacidad de 3 y 9 metros cúbicos, utilizado en países Europeos.</i>	114
Figura 5.26 <i>Camión de gran tonelaje para el transporte de MROC al CAR.....</i>	116
Figura 5.27 <i>Suelos producto de excavación.</i>	120
Figura 5.28 <i>Propuesta de un proceso de gestión y tratamiento de MROC.</i>	124
Figura 5.29 <i>Trómel móvil de clasificación; Cartón, elementos metálicos, finos, tierras y bloques para su machacado.....</i>	124
Figura 5.30 <i>Machacadora móvil de mandíbulas para la obtención de árido reciclado.....</i>	125
Figura 5.31 <i>Molino móvil triturador para la obtención de áridos reciclado.....</i>	125

	Página.
Figura 5.32 <i>Áridos reciclados</i>	127
Figura 5.33 <i>Recuperación paisajista de una antigua cantera</i>	131
Figura 5.34 <i>MROC reciclados por medio del método de trituración,</i>	133
Figura 6.1 <i>Ubicación general de Bancos de materiales en la periferia de la Ciudad de Querétaro.</i>	146
Figura 6.2 <i>Banco de tiro camino a Mompaní</i>	147
Figura 6.3 <i>Banco de tiro el Romerillal, ejido Mompani, Qro.</i>	147
Figura 6.4 <i>Material vertido en el banco de tiro</i>	148
Figura 6.5 <i>Proceso de explotación del banco</i>	148
Figura 6.6 <i>Ubicación del banco de tiro Cuesta China, Qro.</i>	149
Figura 6.7 <i>Banco de tiro Cuesta China, Qro.</i>	149
Figura 6.8 <i>Material vertido en el banco de tiro Cuesta China</i>	149
Figura 6.9 <i>Proceso de vertido de material</i>	149
Figura 6.10 <i>Banco de tiro El Pedregal, Ejido Jurica, Qro.</i>	150
Figura 6.11 <i>Materiales vertidos en el banco de tiro el Pedregal</i>	150
Figura 6.12 <i>Proceso de relleno, banco de tiro el Pedregal</i>	150
Figura 6.13. <i>Banco de tiro, Ejido Jurica, Querétaro</i>	151
Figura 6.14 <i>Acceso al Banco de tiro Jurica.</i>	151
Figura 6.15 <i>Materiales vertidos de forma clandestina en el trayecto al acceso</i> ..	151
Figura 6.16 <i>Propuesta de esquema general para las instalaciones de un Centro de Recuperación Ambiental y Paisajista CAP</i>	153

ÍNDICE TABLAS

	Página.
Tabla 1.1 <i>Características de la vivienda en el Municipio de Querétaro.</i>	10
Tabla 1.2 <i>Normatividad para zonas habitacionales.</i>	10
Tabla 1.3 <i>Cálculo total de m³ de MROC producidos por la construcción de viviendas en el Municipio de Querétaro.</i>	11
Tabla 2.1 <i>Impactos Ambientales más relevantes.</i>	36
Tabla 2.2 <i>Gestión de MROC en algunos países integrantes de la Unión Europea</i>	41
Tabla 3.1 <i>Principales minerales del hierro.</i>	52
Tabla 3.2 <i>Materias primas utilizadas en el sector de la construcción.</i>	54
Tabla 3.3 <i>Criterios medioambientales para la selección de material.</i>	55
Tabla 4.1 <i>Fuentes generadoras de MROC en la ciudad de Querétaro.</i>	62
Tabla 4.2 <i>Necesidad de vivienda para el Estado de Querétaro.</i>	69
Tabla 4.3 <i>Necesidad de vivienda para el Municipio de Querétaro</i>	69
Tabla 4.4 <i>Valor de producción medio de MROC generados durante el proceso de ejecución de una vivienda en la ciudad de Querétaro.</i>	77
Tabla 4.5 <i>Porcentajes de componentes de MROC en una obra nueva.</i>	80
Tabla 4.6 <i>Porcentajes de componentes de MROC en la demolición de una estructura.</i>	85
Tabla 4.7 <i>Porcentajes obtenidos de los componentes de MROC en una obra de ampliación o remodelación.</i>	88
Tabla 4.8 <i>Componentes principales de los MROC generados por la demolición de estructuras.</i>	89
Tabla 4.9 <i>Componentes principales de los MROC generados por la construcción de obra nueva.</i>	89
Tabla 4.10 <i>Componentes peligrosos en los productos de la construcción.</i>	90
Tabla 4.11 <i>Vida útil nominal de los diferentes materiales utilizados para la construcción de muros.</i>	91
Tabla 4.12 <i>Vida útil nominal de los diferentes materiales utilizados para la construcción de techos.</i>	92
Tabla 5.1 <i>Clasificación de residuos inertes componentes de los MROC.</i>	119
Tabla 5.2 <i>Elementos de la construcción considerados de fácil extracción para su reutilización.</i>	121
Tabla 5.3 <i>Análisis de Ventajas y desventajas de la instalación de un Centro de Acopio y Reciclaje de MROC.</i>	137
Tabla 6.1 <i>Impactos ambientales generados por la explotación de bancos de materiales.</i>	140

La importancia del reciclaje de materiales residuales generados por la industria de la construcción, en la ciudad de Querétaro.

CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN.

1.1 Introducción.

Los problemas urbanos causados por el mal manejo de Materiales Residuales Originados en la Construcción (MROC), escombros y desperdicios, son crecientes. Estos, representan entre el 12 y el 18% del total de residuos generados en las grandes urbes de nuestro país¹ y, sin embargo, han sido siempre considerados de menor importancia comparados con los residuos domiciliarios, por su característica de ser inertes. En la mayoría de los casos los MROC terminan como material de relleno en bancos de tiro, algunos otros, en terrenos baldíos formando así vertederos clandestinos, sin ninguna posibilidad de tratamiento; aún cuando dichos materiales cuentan con características para ser aprovechados en un proceso de reciclaje y su posterior incorporación como materia prima de construcción.

En países de la Comunidad Europea ya existe la cultura del reciclaje de los MROC. Holanda recicla cerca del 90% de los residuos procedentes de demoliciones de edificios o rechazos de material de construcción de obras nuevas, reformas y urbanizaciones². En nuestro país, menos del 5% de los MROC son reciclados³; el interés por el reciclaje de materiales en la construcción crece muy

¹ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Distrito Federal. México, (2000).

² Construction and demolition waste management practices, and their economic impacts. CE. Symonds & Ass, (1999).

³ Programa Nacional de Medio Ambiente 1995-2000. INE, México (1995).

lentamente, debido a que no existen políticas de gestión para el manejo de los MROC.

El proceso de construcción típico en México inicia con la extracción de materia prima que explota recursos minerales no renovables, y termina con la incorporación de los MROC en vertederos o bancos de tiro, sin evaluar la conveniencia de la integración de un sistema de selección y reciclaje, figura 1.1.

Claramente, este proceso es no-sustentable, porque no considera un control del material vertido y el futuro uso de suelo de los bancos queda limitado a la calidad del relleno.

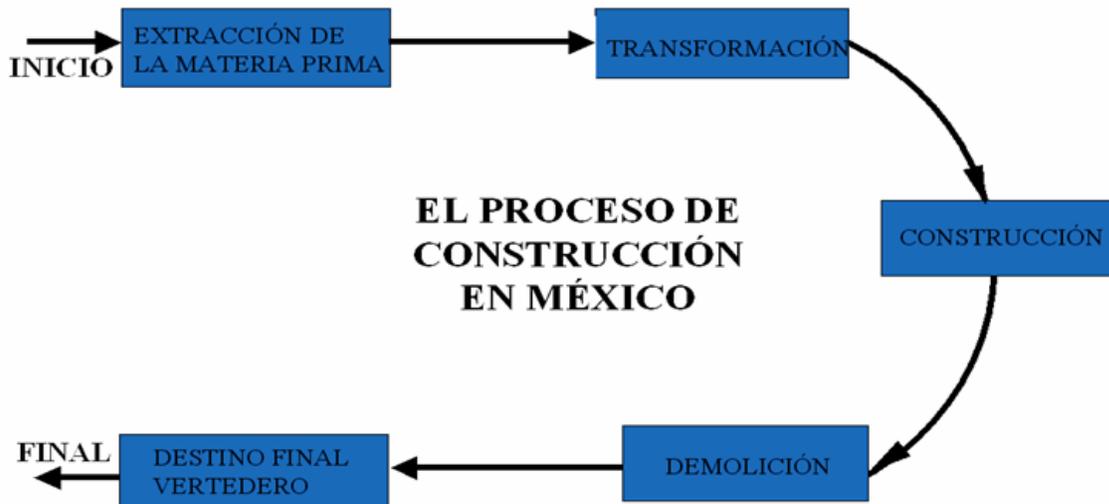


Figura 1.1 *Los materiales en el proceso de la construcción en México.*

Este proceso se da a partir del agotamiento y mal uso de los recursos naturales, con la consecuente degradación de espacios naturales, el aumento del consumo energético y la contaminación⁴. La construcción en México, resulta ser un proceso de construcción – destrucción, que genera una serie de impactos en el

⁴ Atkinson, C. J. "Life Cycle Studies and Ecolabelling of Building Materials", British Ceramic Transactions, vol. 93, No. 1, pp 31- 38

ambiente, muchas veces no evaluados. No se puede considerar a la construcción como un proceso aislado, sin evaluar la destrucción generada durante su ejecución; ni tampoco, considerar el proceso destructivo sin considerar los resultados positivos que de él se desprenden.

Es evidente la importancia de poner en práctica medidas que mitiguen los diferentes impactos ambientales generados por la industria de la construcción. La ausencia de dichas medidas pone en riesgo la calidad de vida de las futuras generaciones y el desarrollo del proceso mismo de construcción en todas sus fases.

Para lograr que el proceso cumpla con estas medidas, es indispensable se incluya en él, un sistema de selección y reciclaje, como se muestra en la figura 1.2, de tal forma que se pueda cerrar un ciclo; dando así origen al ciclo de vida de los productos de la construcción, con el cual se obtendrán beneficios medioambientales y económicos.

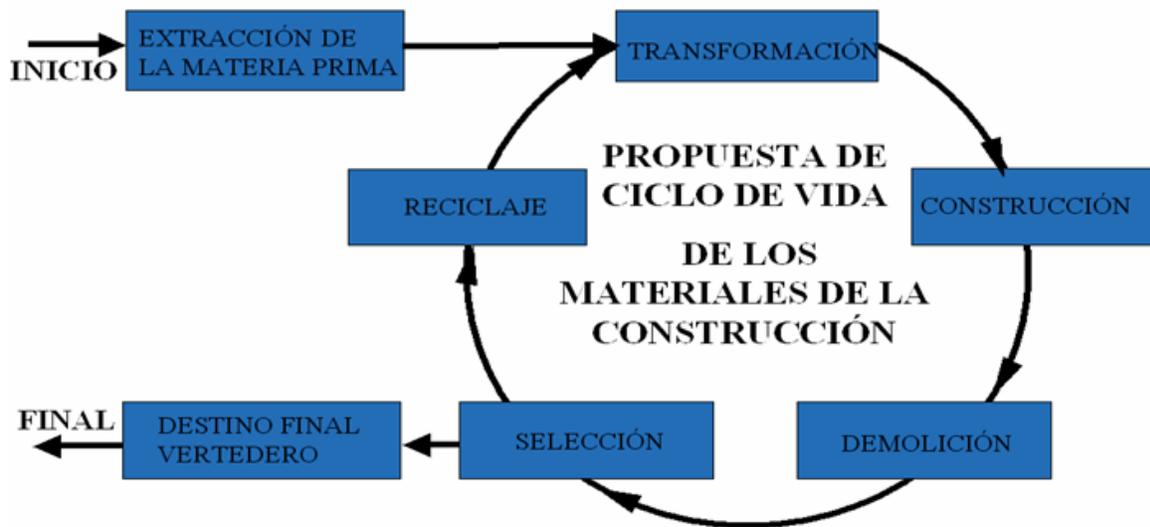


Figura 1.2 Propuesta de ciclo de vida de los materiales en la Construcción.

Este ciclo se basa en lo que hace más de 200 años el químico francés Lavoisier, enunció como el principio de conservación de la materia: *“En la naturaleza nada se crea, ni nada se destruye, todo se transforma”*.

Este principio aplica indudablemente para los materiales que se desechan durante el proceso de construcción, donde los menos se transforman rápidamente en otros componentes químicos o físicos sin efectos nocivos; pero para los más ese proceso es sumamente lento y puede producir efectos indeseables al ser combinados con otro tipo de desechos, lo que hace que sea mucho más conveniente establecer las condiciones para su recuperación y nueva utilización⁵.

En la recuperación y reciclado de los MROC concurren intereses económicos y ambientales; la recuperación de los materiales debe justificar su tratamiento, además de asegurar un proceso de producción con un menor impacto ambiental. El desafío actual, es lograr que estos intereses tengan enfoques coincidentes, que nos conduzcan a equilibrar el desarrollo económico de las ciudades con la preservación del medio ambiente que las sustenta; lo que se conoce como desarrollo sostenible.

Si bien, en ningún caso es posible la sustitución total de una actividad primaria por una recicladora o secundaria, cualquier iniciativa en favor del progreso de ésta última, es un paso hacia el desarrollo equilibrado entre la industria y el ambiente, que se impone como la única alternativa viable al progreso económico de las ciudades; de ahí la importancia del análisis y desarrollo de este tema.

⁵ Rivas, David M. "Sustentabilidad, Desarrollo Económico, Medio Ambiente y Biodiversidad". Colección Parte Luz. Bogotá, (1998).

1.2 Antecedentes.

Todas las actividades económicas productivas están basadas en el uso de algún recurso natural. De forma directa o indirecta, los recursos naturales han sido utilizados y consumidos desde los inicios de la existencia del hombre con la finalidad de satisfacer la necesidad de subsistencia al medio.

Esta degradación de los recursos ha crecido en forma proporcional a la evolución tecnológica y al aumento en la densidad de población; pero no así la conciencia del daño irreversible y desfavorable provocado al medio ambiente y a las siguientes generaciones.

En los siglos VII y VIII a.C., inició una forma muy simple de reciclaje, que originalmente no perseguía todos los beneficios de los que ahora tenemos conciencia como son: la sustentabilidad de los procesos, la disminución del daño al medio ambiente, un menor impacto ecológico y la reducción del consumo de materiales no renovables⁶.

A principios de los setenta, motivados fundamentalmente por las crisis del petróleo, iniciaron los estudios de análisis de ciclo de vida. Se realizaron entonces estudios energéticos en los que se valoraba la eficiencia de determinadas fuentes de energía. Más adelante, se incorporaron nuevos conceptos como: consumo de recursos naturales, emisiones atmosféricas y generación de residuos⁷.

El deterioro causado al medio ambiente por los elevados niveles de consumo de los recursos naturales, la contaminación de la atmósfera, así como la

⁶ Díaz L. F., Savage G. M., Ortellado M., "El Manejo de Residuos de Construcción y Demolición", Comisión Europea CEPIS/OPS, España (1999).

⁷ Programa Internacional de Educación Ambiental, "La educación Ambiental en la formación técnica profesional", UNESCO - PNUMA, España (1996).

gran pérdida de los recursos hidrológicos; son resultado de la intensa actividad humana y de pobres estrategias de protección ambiental, así como de un equivocado paradigma de desarrollo. Generando fenómenos tales como: la deforestación, el cambio climático, el deterioro de la capa de ozono, la lluvia ácida, la pérdida de biodiversidad entre otros.

La protección del medio ambiente y la concepción de un desarrollo sostenible en las ciudades, implica un desarrollo en todos los campos productivos y sociales que satisfaga las necesidades básicas de la actual generación, sin poner en riesgo las posibilidades de las sociedades venideras. Esta forma de actuar hacia un desarrollo sostenible está asumiendo un carácter estratégico ayudando a algunos sectores productivos a conquistar nuevos mercados.

En México, el sector de la construcción, es responsable de grandes aportaciones económicas ya que representa el 4.9% del Producto Interno Bruto del país⁸, en el año 2000 creó de manera directa 2.2 millones de empleos⁹.

Dicho sector requiere de un consumo elevado de recursos naturales como son: madera, minerales, agua y energía; además, genera durante sus procesos, una gran cantidad de contaminantes al medio ambiente. Por lo que es trascendente evaluar el impacto que sufre el medio ambiente por las emisiones generadas en las diferentes etapas del proceso constructivo, desde la fabricación de los materiales hasta la gestión de los MROC.

En nuestro país no se aplica una evaluación ambiental, y en el caso de la ciudad de Querétaro, es evidente la falta de un instrumento en el sector de la

⁸ Sistema de Cuentas Nacionales de México, Producto Interno Bruto del Instituto Nacional de Estadística, INEGI. México, (2004).

⁹ Instituto Nacional de Estadística INEGI, "Estadística de generación de empleos para el año 2000", México, (2000).

construcción que prevenga el deterioro del ambiente por la inadecuada gestión de los MROC, así como programas que incorporen la variable ambiental desde la etapa de diseño de nuevos desarrollos, industrias, y procesos, lo que se ve reflejado en el incremento de los costos y en la disminución en la calidad de vida de sus habitantes.

La ciudad se extiende a lo ancho de 759 kilómetros cuadrados, 6% del total del Estado¹⁰, sin un crecimiento ordenado, dejando a su paso huecos no urbanizados que no pueden ser aprovechados de la mejor forma y propician el vertido incontrolado de los MROC.

El volumen de los MROC es resultado de las características de la ciudad como zona metropolitana, con una fuerte y acelerada expansión demográfica que demanda vivienda, de la diversificación sectorial en las actividades productivas e industriales que requieren mayor infraestructura y de la gran la demanda de servicios públicos. Un ejemplo de ello es el banco de tiro camino a Mompaní, como se muestra en la figura 1.3.



Figura 1.3 Banco de tiro camino a Mompaní, Querétaro.

Para estimar el volumen de los MROC producidos y depositados sin control en bancos de tiro y fuera de ellos en la ciudad a lo largo del tiempo se presentan a continuación algunos datos estadísticos al respecto.

En 1950, la ciudad contaba con un total de 78 mil 653 habitantes, mientras que en el año 2000 el número de pobladores alcanzó la cifra de 641 mil 386, esto significa que en ese periodo la población total incremento en 8.15 veces, se puede observar este crecimiento en las figuras 1.4 a 1.7. Querétaro actualmente cuenta con una población aproximada de 734 mil 139 hab.¹¹.



Figura 1.4 Plano de la ciudad en el año de 1760.¹²

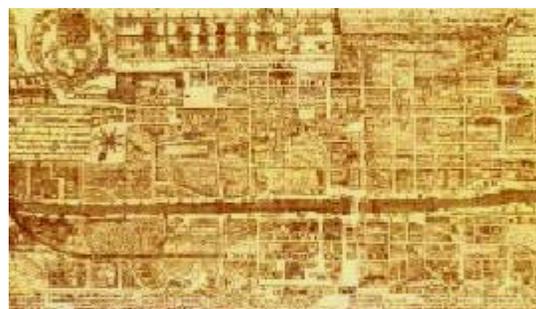


Figura 1.5 Plano de la ciudad en el año 1778.¹²

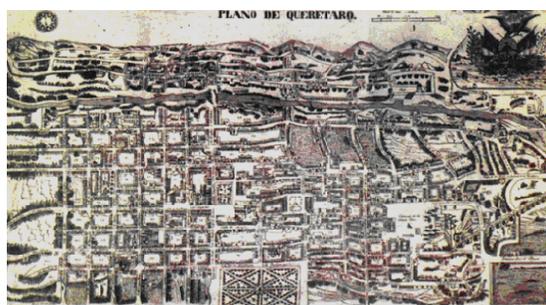


Figura 1.6 Plano de la ciudad en el año 1950.¹²



Figura 1.7 Plano de la ciudad en el año 1965.¹²

Este crecimiento acelerado ocasionó el aumento de la demanda de viviendas, que pasó de 25 mil 919 en 1970 a 142 mil 492 en el año 2000. Esto significó un crecimiento en términos relativos en el rubro y periodo señalados de 449.7%¹³, figura 1.8.

¹⁰ Plan Municipal de Desarrollo 2003-2006 para el Municipio de Querétaro. México, (2003).

¹¹ XII Censo Parcial General de Población y Vivienda Querétaro de Arteaga. INEGI. Tabulados Básicos. Tomo I. México, (2005).

¹² Cartografía de Querétaro. Colección de 35 planos de la ciudad Capital y del Estado. Gobierno del Estado de Querétaro, segunda edición, Querétaro, México, (1978)

¹³ Plan Municipal de Desarrollo 2003-2006 para Querétaro, pp. 11-17. México, (2005).

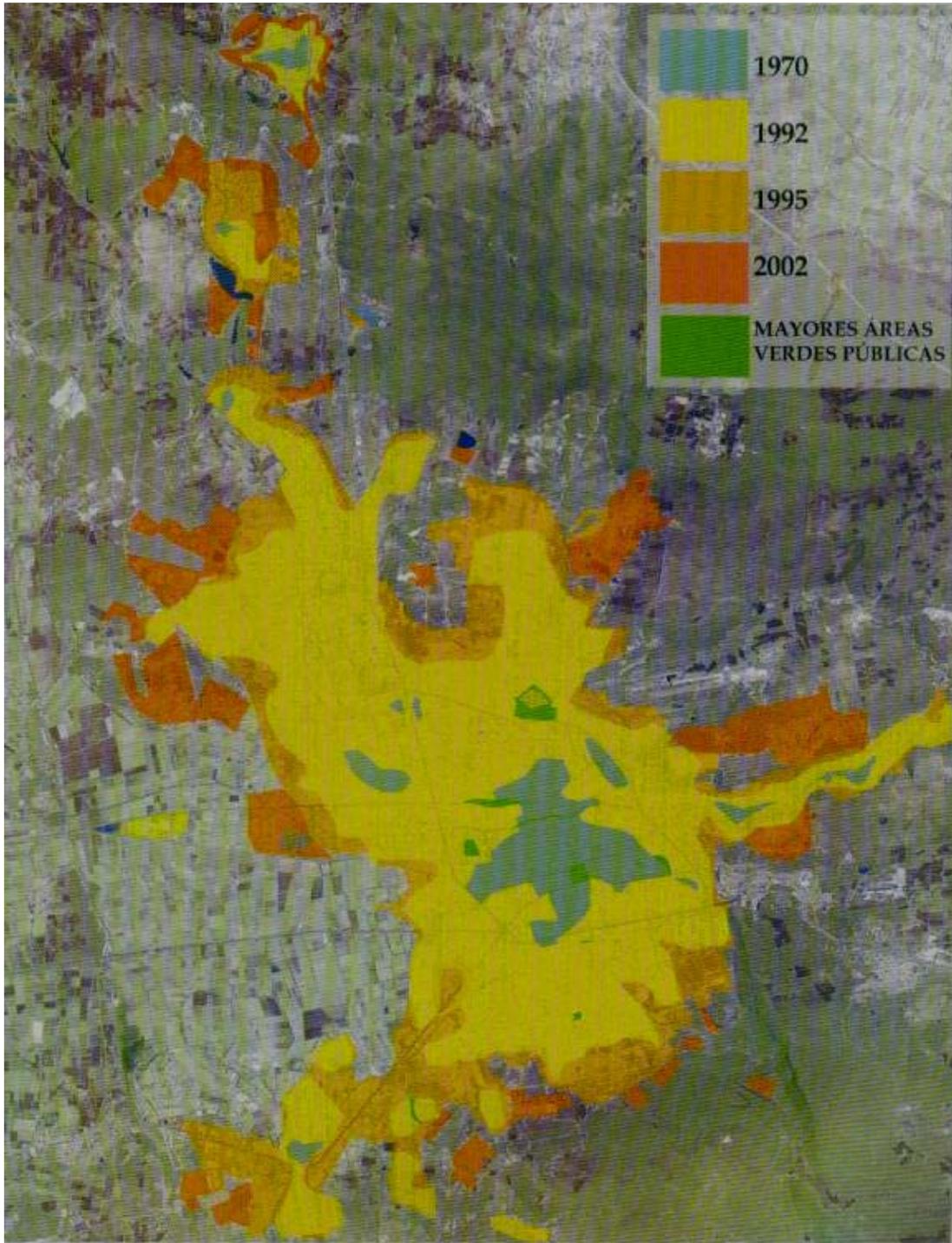


Figura 1.8 Crecimiento urbano de la ciudad de Querétaro entre 1970 y 2002.¹⁴

¹⁴ Fideicomiso Queretano para la Conservación del Medio Ambiente Mapa verde-azul del Municipio de Querétaro, El uso del terreno, la infiltración y los ecosistemas. Querétaro, México (2002).

De un total de 142,492 viviendas particulares habitadas censadas en el año 2000, ver tabla 1.1, se tiene que: 41.5% están construidas con pisos de cemento y firme, 53.6% con materiales como madera, mosaico y el porcentaje restante con diversos recubrimientos¹⁵.

Tabla 1.1 Características de la vivienda en el Municipio de Querétaro.

VIVIENDAS	1970	2000
Particulares habitadas	25,919	142,492
Total de ocupantes de vivienda	163,063	638,531
Ocupantes promedio por vivienda	6.29	4.48

Fuente: INEGI 2003

En lo que se refiere a los techos, el 89.1% del total de viviendas posee losa de concreto, tabique y ladrillo; por otro lado el 96% tiene paredes de tabique, ladrillo, tabicón, piedra, cantera, cemento y concreto¹⁶. El tipo de zona predominante en la ciudad corresponde a la zona H4, figura 1.9, con 400 habitantes por hectárea y el tamaño del lote predominante de acuerdo a la tabla 1.2 es de 100 m², con una superficie construida promedio de 92 m² por casa¹⁷.

Tabla 1.2 Normatividad para zonas habitacionales.

TIPO DE ZONA	DENSIDAD		LOTE TIPO(MÍNIMO ACEPTABLE EN M ²)
	HAB./Ha	VIVIENDA/Ha	
HO5	50	10	720
H1	100	20	360
H2	200	40	180
H2.5	250	50	150
H3	300	60	120
H4	400	80	100

Fuente: Plan Parcial de Desarrollo Urbano para el Municipio de Qro.

¹⁵ XII Censo Parcial General de Población y Vivienda, INEGI Querétaro de Arteaga. Tabulados básicos, Tomo I, México (2003).

¹⁶ Plan Municipal de Desarrollo 2003-2006 para Querétaro, pp. 11-17. México, (2003).

¹⁷ Plan Parcial de Desarrollo Urbano para el Municipio de Querétaro. México, (1999).

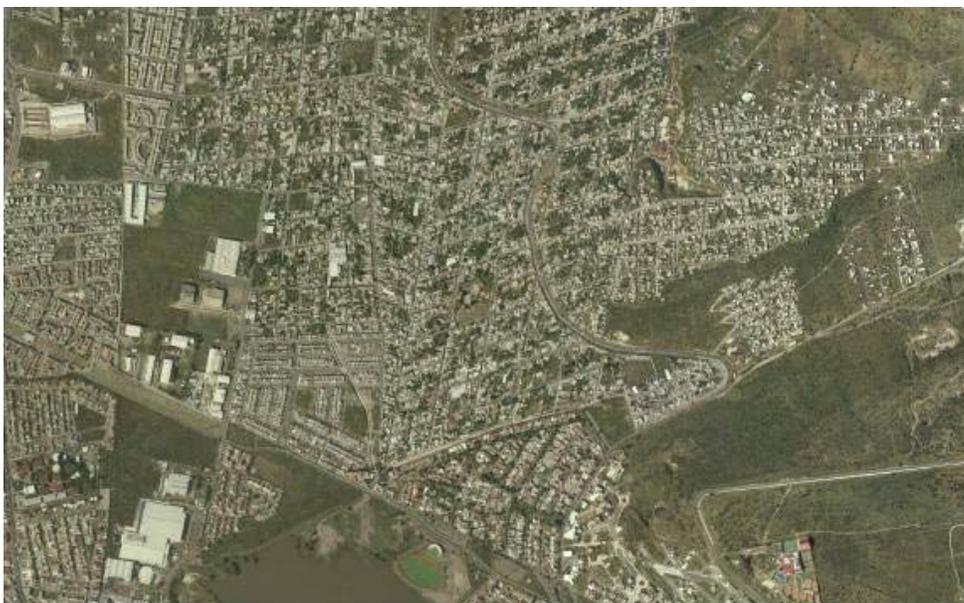


Figura 1.9 Zona habitacional San Pedrito Peñuelas, Qro.

Para estimar la cantidad de los MROC generados en una construcción, la Secretaría de Obras Públicas, contempla un valor teórico aproximado de 0.25 metros cúbicos de MROC por metro cuadrado construido, factor que aplicado a los datos obtenidos del censo sobre el número de viviendas y los metros cuadrados construidos en la entidad, deducen los datos de la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Cálculo total de m³ de MROC producidos por la construcción de viviendas en el Municipio de Querétaro.

No DE VIVIENDAS CENSADAS	M ² . CONSTRUIDOS X VIVIENDA	TOTAL DE M ² . CONSTRUIDOS	FACTOR DE PRODUCCIÓN DE MROC	TOTAL M ³ PRODUCIDOS
142,492	92	13,109,264	0.25	3,277,316

Con la cantidad total estimada de MROC generados, de la tabla anterior se podría cubrir, con una capa de 4mm., de espesor, toda la extensión de la Ciudad. Es importante aclarar que este análisis sólo considera la construcción de viviendas y no las áreas de equipamiento, industria y vialidades.

El volumen total de material, antes citado, ha sido vertido de forma incontrolada, mezclando residuos de diferente naturaleza y generando impactos ambientales y visuales como se puede observar de las figuras 1.10 a la 1.13. Sumado a lo anterior, la explotación de bancos de materiales; son factores importantes de degradación del medio, que fundamentan la necesidad de realizar una investigación enfocada a esta problemática y hacen necesaria la elaboración de planes y programas en búsqueda de propuestas y soluciones en torno al manejo de MROC.



Figura 1.10 *Escombros colonia Centro Sur, Querétaro.*



Figura 1.11 *Escombros vertidos en la colonia Burócrata, Qro.*



Figura 1.12 *Escombros vertidos en la colonia Unión Nacional, Qro.*



Figura 1.13 Banco de Material camino a Mompaní, Qro.

1.3 Objetivo del trabajo.

El objetivo es determinar la viabilidad de implementar un modelo de gestión integral de MROC, por medio de la instalación de centros de acopio y reciclaje, además de sentar las bases conceptuales y metodológicas para un menor impacto ambiental.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo antes citado, se han establecido objetivos particulares, los cuales se exponen a continuación:

- Identificación del tipo y cantidad de los MROC, generados por la industria de la construcción en nuestra ciudad.
- El análisis del ciclo de vida de los materiales de construcción, determinando los momentos que demandan materia prima y los momentos de producción de los MROC.
- La propuesta de acondicionamiento de espacios explotados como bancos de materiales, para convertirlos en centros de acopio y reciclaje de MROC.

- Establecer las medidas necesarias para el control de MROC no-aptos de reciclaje, para que ingresen como material de relleno.
- Propuesta para la disminución del impacto ambiental generado por la mala disposición de MROC.
- Programa de concientización de protección al medio ambiente.

1.4 Hipótesis del trabajo.

El desarrollo de esta investigación parte de la siguiente hipótesis:

“Los volúmenes de materiales residuales originados por la industria de la construcción en la ciudad de Querétaro, generan impactos económicos y ambientales que justifican la incorporación de un sistema específico para su adecuado reciclaje.”

1.5 Metodología.

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se han desarrollado diferentes etapas de análisis, las cuales, dan contenido a cada uno de los capítulos de esta tesis. A continuación se describe brevemente la metodología seguida en cada uno de ellos.

El capítulo 1 es resultado de la revisión de fuentes bibliográficas; da a conocer un panorama general de los aspectos más relevantes relacionados con la gestión de los MROC y el análisis del ciclo de vida de los productos de la construcción. Pone de manifiesto, entre otros aspectos, la necesidad actual de un análisis más completo y conciso sobre el tema.

En el capítulo 2, se hace mención de los fundamentos teóricos para la gestión de los MROC. En este mismo capítulo, se presentan aspectos relacionados a la metodología del análisis del ciclo de vida.

En el capítulo 3 se exponen los materiales más usados en el proceso constructivo en la ciudad de Querétaro, y los aspectos ambientales a considerar. En el capítulo 4 se realiza la clasificación de los MROC generados por la industria de la construcción en la ciudad de Querétaro, también se presenta el análisis de tres proyectos ejecutivos con un estudio de los materiales de construcción utilizados, con la finalidad de determinar la composición y los volúmenes generados de MROC.

En el capítulo 5 se analiza la propuesta de acondicionamiento de espacios explotados como bancos de materiales, para convertirlos en centros de acopio y reciclaje de MROC, además de sugerir medidas para el control de MROC no aptos de reciclaje. En el capítulo 6 se propone un destino al material no apto de reciclaje con la finalidad de recuperar espacios degradados.

1.6 Ámbitos de Aplicación.

Se limita a la ciudad de Querétaro, pero es fácil aplicar una metodología similar para otras ciudades de México y América Latina; con el mismo entorno y los mismos sistemas constructivos, que busquen dar respuesta a la problemática que afecta la sustentabilidad de los procesos constructivos.

Se espera minimizar el principal impacto ambiental que genera la disposición final de escombros y la extracción de materias primas, la alterativa es la obtención de materiales para la construcción a partir del reciclaje de los MROC.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1. Marco Normativo.

2.1.1 El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la Agenda 21; sus inicios y desarrollo.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), es una herramienta de gestión medioambiental que surgió de la necesidad de analizar de forma científica, y sistemática, el impacto originado por un proceso o producto, durante su ciclo de vida. La evolución histórica del ACV puede dividirse en dos períodos. El primero va desde los años sesenta hasta finales de los ochenta y el segundo, comenzó en 1990 y continúa hasta nuestros días¹⁸.

En los años sesenta, se realizaron los primeros estudios, que se centraban en el cálculo del consumo energético necesario para la producción de sustancias químicas intermedias y finales. En los setenta, como resultado de las predicciones del aumento de población y el cálculo de incremento de demanda de recursos energéticos, se llevaron a cabo estudios encaminados a la gestión óptima de recursos energéticos, que incluían el análisis del consumo de materias primas y la generación de residuos.

Posteriormente disminuyó el interés por el tema, retomándose en el año de 1979 con la fundación de The Society for Environmental, Toxicology and Chemistry (SETAC), cuyo objetivo es el desarrollo de la metodología y los criterios de Análisis del Ciclo de Vida de los productos (ACV), actualmente líder en el tema.

¹⁸ Centro de Ciencias Ambientales (CML) "Environmental Life Cycle Assessment Products" Leiden, Holanda, (1992).

En el año de 1990 se difundió el ACV en el ámbito internacional, siendo este el tema central de tres seminarios: el primero, en Washington, organizado por World Wildlife Found y patrocinado por EPA; el segundo, en Vermont, organizado por SETAC y el tercero, en Lovaina, organizado por Procter & Gamble.

Por su parte, diversas instituciones comenzaron, ese mismo año, a desarrollar estudios del ACV en los sectores industriales y sus productos, sobresaliendo los casos de BUWAL (Swiss Federal Office of Environment, Forest and Landscape), AMPE (Association of Plastics Manufactures in Europe) y PWMI (European Center for Plastics in the Environment), entre otros¹⁹.

Más adelante, en 1992, se realizó la conferencia "Cumbre de la Tierra", o "Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo", celebrada en Río de Janeiro, en el que se acordó; que la protección del medio ambiente, el desarrollo social y el desarrollo económico son fundamentales para lograr un desarrollo sostenible, objetivo principal del programa de alcance mundial titulado "Agenda 21"²⁰.

Ciento setenta y ocho gobernantes firmaron con el objetivo de desarrollar estrategias integrales para procurar revertir y detener las consecuencias negativas que causa la actividad humana sobre el medio ambiente, entre los más importantes se encuentran:

- Agenda 21. Definido como un plan de acción a nivel mundial en pro del desarrollo sostenible. Constituye un manual de referencia para la determinación de políticas empresariales y gubernamentales.

¹⁹ Centro de Ciencias Ambientales (CML) "Environmental Life Cycle Assessment Products" Leiden, Holanda, (1992)

²⁰ Díaz Palacios Julio, "La agenda 21 de las Ciudades", Unión Iberoamericana de Municipalistas. Colección, estudios y comentarios. España, (1999)

- Declaración de Río de Janeiro sobre el medio ambiente y el desarrollo;
- Declaración de los principios para orientar el desarrollo forestal sostenible en el mundo.
- El convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
- El convenio sobre la conservación de la diversidad biológica.

También se comprometieron a que cada país elaboraría su propia "Agenda 21" y en ella, concretarían sus políticas y planes de protección del medio ambiente; organizando, orientando y educando a los sectores productivos más representativos hacia un consumo equilibrado para lograr un desarrollo sostenible.

En ese mismo año se creó The Society for the Promotion of LCA Development denominada como "SPOLD", asociación formada por 20 grandes compañías europeas, con el objetivo de potenciar y normalizar el uso del ACV²¹.

En 1993 se creó en la International Standards Organization, el comité técnico 207 (ISO/TC 207), con el objetivo de desarrollar normativas internacionales para la gestión ambiental, llevaron a cabo la normalización referente al ACV, y desarrollaron los siguientes documentos:

- UNE-EN ISO 14040. Principios y estructura.
- UNE-EN ISO 14040. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- UNE-EN ISO 14040. ACV. Interpretación del ciclo de vida.
- UNE-EN ISO 14041. ACV. Definición de objetivos y alcance, análisis de inventarios.

²¹ Keating Michael, "Cumbre para la Tierra. Programa para el cambio, La Agenda 21 y los demás Acuerdos de Río de Janeiro en versión simplificada", Centro para nuestro futuro común. México, (1993).

En 1999 en España, la Agenda 21 se dio a conocer con varios programas que involucraron de una forma directa al sector de la construcción, entre los que se subraya:

- Programa para la mejora de la eficiencia energética de la edificación;
- Programa para la potenciación de un transporte sostenible; y
- Programa Industrial y Tecnológico Medioambiental (PITMA).

En éste último se desarrolló el tema de la producción sostenible, que señala los acuerdos firmados entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA) y asociaciones del sector de los materiales de construcción²².

La Comunidad Europea cuenta desde el año 1975, con una directiva relativa a los residuos denominada 75/442/CEE, posteriormente, el 20 de marzo del año de 1978 surgió una directiva relativa a los residuos tóxicos y peligrosos 78/319/CEE. El 12 de diciembre de 1991 se estableció una normativa para los residuos peligrosos denominada 91/689/CEE, el 22 de diciembre de 1994 se definió la directiva que establece una clasificación de residuos 94/904/CE, posteriormente el 3 de mayo de 2000, se publicó una nueva decisión o normativa que modificó el Catálogo Europeo de Residuos (CER), con lo que se ampliaron las categorías consideradas y se modificó la categoría de peligrosidad de algunos de ellos. Finalmente el 16 de enero de 2001 se estableció un nuevo CER, que continúa en vigor; que divide a los residuos de la construcción y demolición en 16 corrientes de residuos peligrosos²³.

²² Hewitt Bakeaz Nicola," Guía Europea para la planificación de las Agendas 21 locales", Bilbao, España, (1998).

²³ Hewitt Bakeaz Nicola," Guía Europea para la planificación de las Agendas 21 locales", Bilbao, España, (1998).

En 2002, los países participantes de la Cumbre de Johannesburgo, se comprometieron a cumplir el plan de aplicación de las decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible²⁴.

2.1.2 El programa Agenda 21, alcances.

Los alcances establecidos en el programa Agenda 21 son:

- Abordar los problemas ambientales actuales, con la finalidad de preparar al mundo para los desafíos del próximo siglo.
- Reflejar un consenso mundial y un compromiso político al más alto nivel, sobre el desarrollo y la cooperación en la esfera del medio ambiente.
- Imponer la aplicación del programa como una obligación de los gobiernos.
- Establecer la cooperación internacional para el apoyo y complemento de los trabajos nacionales ejecutados en pro del medio ambiente.
- Alentar la participación del público y la participación activa de las organizaciones no gubernamentales y de otros grupos.

El programa se encuentra dividido en cuatro secciones, entre los temas más trascendentes se pueden mencionar²⁵:

I. Dimensiones sociales y económicas

- Cooperación internacional para acelerar el desarrollo sostenible de los países en desarrollo y políticas internas conexas,
- Lucha contra la pobreza,
- Evolución de las modalidades de consumo,
- Dinámica demográfica y sostenibilidad,
- Protección y fomento de la salud humana,

²⁴ Keating Michael, "Cumbre para la Tierra. Programa para el cambio, La Agenda 21 y los demás Acuerdos de Río de Janeiro en versión simplificada", Centro para nuestro futuro común. México, (1993)

²⁵ Díaz Palacios Julio, "La agenda 21 de las Ciudades", Unión Iberoamericana de Municipalistas. Colección, estudios y comentarios. España, (1999)

- Integración al medio ambiente y el desarrollo en la adopción de decisiones.
- II. Conservación y gestión de los recursos para el desarrollo
- Protección de la atmósfera,
 - Enfoque integrado de la planificación y la ordenación de los recursos de tierras,
 - Lucha contra la deforestación,
 - Ordenación de los ecosistemas frágiles: desarrollo sostenible de las zonas de montaña,
 - Fomento a la agricultura y del desarrollo rural sostenible,
 - Conservación de la diversidad biológica,
 - Gestión ecológicamente racional de los productos químicos tóxicos, incluida la prevención del tráfico internacional ilícito de productos tóxicos y peligrosos,
 - Gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos, incluida la prevención de desechos peligrosos,
 - Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y cuestiones relacionadas con las aguas negras,
 - Gestión inocua y ecológicamente racional de los desechos radioactivos.
- III. Fortalecimiento del papel de los grupos principales
- Medidas mundiales a favor de la mujer para lograr un desarrollo sostenible y equitativo,
 - La infancia y la juventud en el desarrollo sostenible,
 - Reconocimiento y fortalecimiento del papel de las poblaciones indígenas y sus comunidades,
 - Fortalecimiento del papel de las organizaciones no gubernamentales asociadas en la búsqueda de un desarrollo sostenible,

- Iniciativas de las autoridades locales en apoyo del Programa 21,

IV. Medios de ejecución

- La ciencia para el desarrollo sostenible,
- Fomento a la educación, la capacitación y la toma de conciencia,
- Mecanismos nacionales y cooperación internacional para aumentar la capacidad nacional en los países en desarrollo.

2.1.3 El ACV, como instrumento medioambiental.

Se define ciclo de vida de un producto (ACV) como todas las etapas que existen desde que se extraen los materiales del medio natural para formar el satisfactor, hasta que vuelven a la naturaleza de donde fueron extraídos o se reutilizan para producir otro satisfactor.

La norma UNE-EN ISO 14010 (Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida Principios y Estructura) define el ACV como una técnica para evaluar las relaciones entre los sistemas de producción, productos y/o proceso y el medio ambiente; con la finalidad de reducir el impacto global del producto²⁶. Cuantifica, califica y valora los flujos de un sistema, las entradas (materia y energía) y las salidas (producto, coproducto, emisiones al aire, agua y suelo), para posteriormente evaluar los impactos potenciales que se generan; figura 2.1.

²⁶ Norma UNE-EN ISO 14010. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida Principios y Estructura. México,(1999)

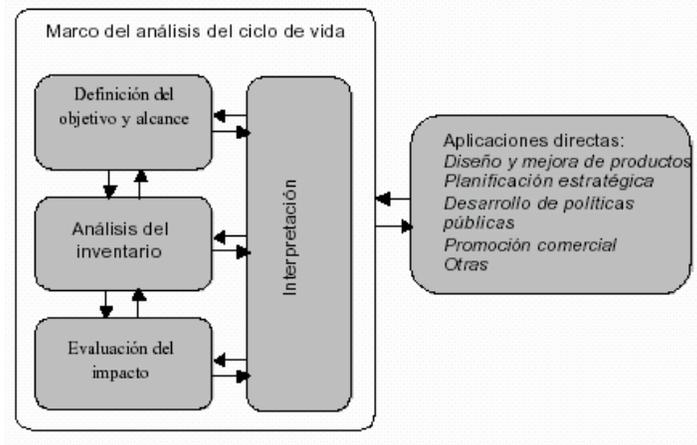


Figura 2.1 Marco de análisis del ciclo de vida, según la ISO 14.040:199.

El ACV debido a sus características, puede ser utilizado para diversos propósitos, ya que es una herramienta útil para proporcionar información tanto al sector público como al privado. Dicha información, combinada con datos económicos, sociales y laborales, puede ser utilizada para la toma de decisiones estratégicas importantes, lo cual amplía sus aplicaciones más allá del terreno medioambiental, económico y social²⁷.

Dentro del sector industrial, el ACV tiene distintas aplicaciones según se haga del uso interno o externo²⁸:

- a. Con aplicación de uso interno;
 - Como herramienta para la planificación de estrategias medioambientales,
 - Para la selección de alternativas de gestión de residuos,

²⁷ Bauman Henrikke and Rydberg Tomas. "Life Cycle Assessment Comparison of Three Methods for Impact Analysis and Evaluation". Journal for Cleaner production, Europa, (1994)

²⁸ Norma UNE-EN ISO 14010. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida Principios y Estructura. México, (1999).

- Como herramienta de decisión durante la fase de diseño de nuevos productos,
- Para la comparación funcional de productos equivalentes,
- Para la comparación de distintas opciones dentro de un nuevo proceso con el objetivo de minimizar impactos ambientales,
- Como herramienta para la identificación de procesos, componentes y sistemas cuya contribución al impacto ambiental es significativa,
- Para la evaluación de los efectos producidos por el consumo de recursos en las instalaciones.

b. Con aplicación de uso externo;

- Para la mejora de la imagen y marketing ambiental,
- Para el desarrollo de programas de investigación,
- Para proporcionar información complementaria a la administración para la regulación y reducción de determinados productos,
- Con el fin de ejercer presión sobre proveedores.

Si bien todos los ACV deben cubrir las mismas etapas, el nivel de detalle no es el mismo en todos ellos, ya que depende del objetivo planteado. Esto da lugar a otra clasificación de ACV en²⁹:

-ACV Conceptual. Se trata de un estudio básicamente cualitativo, cuya finalidad principal es la identificación de los potenciales e impactos más significativos. Los datos que se utilizan son cualitativos y muy generales.

²⁹ Norma UNE-EN ISO 14010. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida Principios y Estructura. México, (1999).

-ACV Simplificado. Es el segundo en escala de complejidad y consiste en aplicar la metodología de ACV para llevar a cabo un análisis selectivo, seguido de una simplificación y un análisis de la fiabilidad de los resultados.

-ACV Completo. Es el más complejo y consiste en realizar un análisis en detalle, tanto del inventario como de los impactos, de forma cualitativa y cuantitativa.³⁰

2.1.4. Políticas medioambientales en México.

Para nuestro país, la relación histórica del ser humano con su entorno no había sido considerada de importancia para la legislación mexicana, a pesar de que en la redacción original de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su art. 27 se faculta al Estado Mexicano para regular en beneficio del interés público; el aprovechamiento de los recursos naturales susceptibles de apropiación.

Con el aumento en el deterioro ambiental, el gobierno de México inició a mostrar preocupación por legislar sobre el aprovechamiento de los recursos naturales, el cuidado y preservación del medio ambiente.

La política ambiental en México tiene su origen en los años cuarenta, cuando se promulgo la Ley de Conservación del Suelo y Agua; tres décadas más tarde surge la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental. A lo largo de cuatro décadas (1940-1980), la estrategia del desarrollo nacional se centró en impulsar la industria a través de la sustitución de importaciones. En 1982, la política ambiental mexicana comenzó a adquirir un enfoque integral,

³⁰ Bauman Henrikke and Rydberg Tomas. "Life Cycle Assessment Comparison of Three Methods for Impact Analysis and Evaluation". Journal for Cleaner production. Europe, (1994)

reformando la Constitución para crear nuevas instituciones y establecer las bases jurídicas y administrativas de una nueva Política de Protección Ambiental. En ese mismo año fue creada la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), con la finalidad de garantizar el cumplimiento de las leyes y orientar la política ambiental del país.

En el año 1987, se otorga al Congreso de la Unión la facultad para legislar en materia medioambiental, a los tres órdenes de gobierno. En 1988, basándose en todas estas reformas, se publicó la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, misma que hasta la fecha, es el sustento medioambiental del país.

En 1992, la SEDUE se transformó en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y se crearon el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Posteriormente en 1994, se creó la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), que nace de la necesidad de planear la explotación y uso de los recursos naturales de forma integral, relacionando los objetivos económicos, sociales y ambientales³¹.

En noviembre del 2000 se modificó la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, dando origen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En Querétaro la Secretaría de Desarrollo Sustentable, es la encargada del ejercicio de las facultades conferidas a los Estados, por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. De la misma forma, los

³¹ Instituto Nacional de Estadística. Programa Nacional de Medio Ambiente 1995-2000. México, (1999).

Municipios del Estado tienen conferidas atribuciones para la preservación y protección del medio ambiente.

Los órganos administrativos que atienden la problemática medioambiental en la ciudad de Querétaro, han sido rebasados en términos ambientales, por la falta de cultura y valores para la preservación del ambiente; en donde se considera a la naturaleza como la infinita proveedora de materia prima³².

Para la formulación y conducción de políticas ambientales, la expedición de normas oficiales e instrumentos necesarios para la preservación, restauración y protección al medio ambiente, se tienen las siguientes normativas:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En el artículo 115 fracción III inciso c, establece que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos, dando origen a las bases para regular la administración de dichos servicios. Sin embargo, la regulación y control del manejo ambiental de los residuos no tuvo lugar sino hasta 1988, año en el que se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en la que se asignó dicha facultad a la Federación, tratándose de residuos peligrosos dotados de características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicas³³.

³² Programa Nacional de Medio Ambiente 1995-2000, Instituto Nacional de Estadística. México, (1999).

³³ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Editorial SISTA S.A. de CV. México, (1995).

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. 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 jurisdicción³⁴. Tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- a) Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;
- b) La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;
- c) El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.
- d) La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

De acuerdo con el artículo 4 de esta ley; tienen atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico, y la protección del medio ambiente; la Federación, los Estados, los Municipios y el Distrito Federal.

Esta Ley reconoce los residuos peligrosos, sólidos municipales e industriales, como la principal fuente de contaminación de los suelos, razón por la cual debe prevenirse su generación, buscarse su minimización a través de su reuso o reciclaje y, darse un tratamiento y disposición final adecuados a los que no puedan evitarse o reaprovecharse.

³⁴ Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación. México, (1988).

Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Publicado el 3 de mayo de 1988, con el objetivo de reglamentar la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Querétaro de Arteaga, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Con la finalidad de garantizar el derecho a vivir en un ambiente propicio; además de promover la preservación y restauración del equilibrio ecológico, definiendo la competencia estatal y municipal en esta materia; determinando los principios e instrumentos de la política ambiental estatal, entre otras establecidas en el artículo segundo del reglamento³⁵.

En su artículo 8 marca lo que corresponde al Municipio, a la letra dice:

“ARTÍCULO 8. - Corresponde al municipio:

- I. Formular, conducir y evaluar la política ambiental municipal, en congruencia con lo que formulen los gobiernos estatal y federal;
- II. Preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente dentro de su territorio, salvo en asuntos de competencia estatal o federal;
- III. Prevenir y controlar, en coordinación con el gobierno del Estado.
- VII. Formular y conducir la política municipal de información y difusión en materia ambiental;
- VIII. Ajustar la infraestructura y prestación de los servicios municipales a los objetivos de la presente Ley;
- XII. Autorizar, conforme a los lineamientos que determine la Secretaría y a las disposiciones aplicables, los sistemas de manejo de los residuos sólidos no peligrosos;

³⁵ Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación, Querétaro, México, (1989)

XIV. Expedir el Programa Municipal de Protección al Ambiente, con arreglo a las disposiciones de esta Ley y demás ordenamientos aplicables; entre otros”.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988. Tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Compete su aplicación al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias del propio Ejecutivo Federal, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, y a las autoridades del Distrito Federal, de los Estados y de los Municipios en la esfera de su competencia.

Las autoridades del Distrito Federal, de los Estados y de los Municipios, podrán participar como auxiliares de la Federación, en la aplicación de este reglamento³⁶.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental.

Publicado el 30 de mayo del 2000, es reglamentaria en materia de evaluación del impacto ambiental en el ámbito federal. Compete al Ejecutivo

³⁶ Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, Diario oficial de la Federación, México, (1988).

Federal su aplicación, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad con las disposiciones legales y reglamentarias en la materia.

Esta ley es omisa en determinar lineamientos para el manejo ambiental de los diversos residuos generados por las actividades productivas de una ciudad, no existe una clasificación completa o a detalle que permita la separación de residuos y su adecuada gestión, dando origen a un vacío formativo y legislativo que provoca el manejo inadecuado de estos, con los consecuentes riesgos para la salud y el ambiente³⁷.

Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro.

Publicada el 20 de febrero de 2004, abarca la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de todos los residuos generados por las actividades productivas en el Estado.

En su artículo 25, declara: “Se consideran como *residuos de manejo especial* los clasificados como tales en la Ley General, así como los residuos generados en los procesos que realizan las diversas industrias manufactureras y empresas de servicios que no reúnen los criterios para ser considerados como residuos sólidos urbanos o peligrosos.

Se consideran como residuos de manejo especial a los residuos de la construcción mantenimiento y demolición en general. Se encontrarán sujetos a las disposiciones de esta Ley quienes generen más de 10 toneladas al año de residuos o cerca de 30 kilos al día.”

³⁷ Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental. México, (2000).

También establece que:

“Los propietarios, directores responsables de obra, contratistas y encargados de inmuebles en construcción o demolición, son responsables solidarios en caso de provocarse la diseminación de materiales, escombros y cualquier otra clase de residuos sólidos de manejo especial. Los responsables deberán transportar los escombros en contenedores adecuados que eviten su dispersión durante el transporte a los sitios que determine la autoridad.”

Es responsabilidad de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro en coordinación con los municipios; el establecimiento de planes de manejo para facilitar la devolución y acopio de productos de consumo que al desecharse se convierten en residuos, a fin de que sean enviados a instalaciones en las cuales se sometan a procesos que permitan su aprovechamiento o, de ser el caso, a empresas autorizadas a tratarlos o disponerlos en sitios de confinamiento.

La ley antes citada, en su Artículo 101 declara: “Para aquellos casos en los que por primera vez se incumplan con las disposiciones contenidas en la fracción III del artículo 43, la fracción V del 44, y 52 de esta Ley, procederá la amonestación”.

Esta ley contempla la aplicación de amonestaciones y multas por la mala gestión de los residuos, pero es poco clara en el establecimiento de planes de gestión, además actualmente la ciudad no cuenta con un lugar bajo normativas, para la gestión adecuada de estos residuos, lo que la hace improcedente³⁸.

³⁸ Ley de prevención y gestión integral de residuos del Estado de Querétaro, México, 2004.

El punto débil de la clasificación establecida por todas estas normativas es su falta de aplicación práctica, ya que engloba a todos los residuos con estas características en un sólo rubro y con un mismo destino. Cuando lo más conveniente es que se clasifiquen los residuos por su fuente generadora. Con este denominador común se facilita la organización de planes y el establecimiento de centros de acopio de residuos generados por una misma actividad productiva, se da pie a acuerdos y normas entre grupos del mismo sector y se promueve el reciclaje a bajo costo por el manejo de productos homogéneos que pueden ser procesados con un mismo método y a cualquier volumen gracias sus características comunes.

2.2 Marco Conceptual.

2.2.1 El medio ambiente en el sector de la construcción.

Dentro de los sectores productivos, el sector de la construcción, a lo largo de toda su historia, ha sobresalido por su importancia económica y social, acentuado por su implicación y correlación con su entorno, provocando impactos significativos al medio ambiente en sus distintas etapas. Estos impactos originan emisiones tóxicas a la atmósfera, que resultan contaminantes, corrosivas y altamente perjudiciales para la salud³⁹.

Los principales efectos sobre el Medio Ambiente de los materiales utilizados en la construcción son:

- El masivo consumo energético,
- La generación de residuos sólidos en su producción,
- La incidencia en el efecto invernadero,

- La incidencia en la capa de ozono,
- y otros factores de contaminación ambiental.

En los últimos años, la producción de elementos de la construcción bajo la conciencia de la protección del medio ambiente, está basada en un esquema sostenible. Lo que se pretende con este criterio; es la construcción de edificios con un bajo consumo de materiales no renovables, además de evitar, siempre que sea posible, la utilización de sustancias que al final de su ciclo de vida, originen residuos peligrosos⁴⁰.

La sustentabilidad consiste en “la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente”⁴¹.

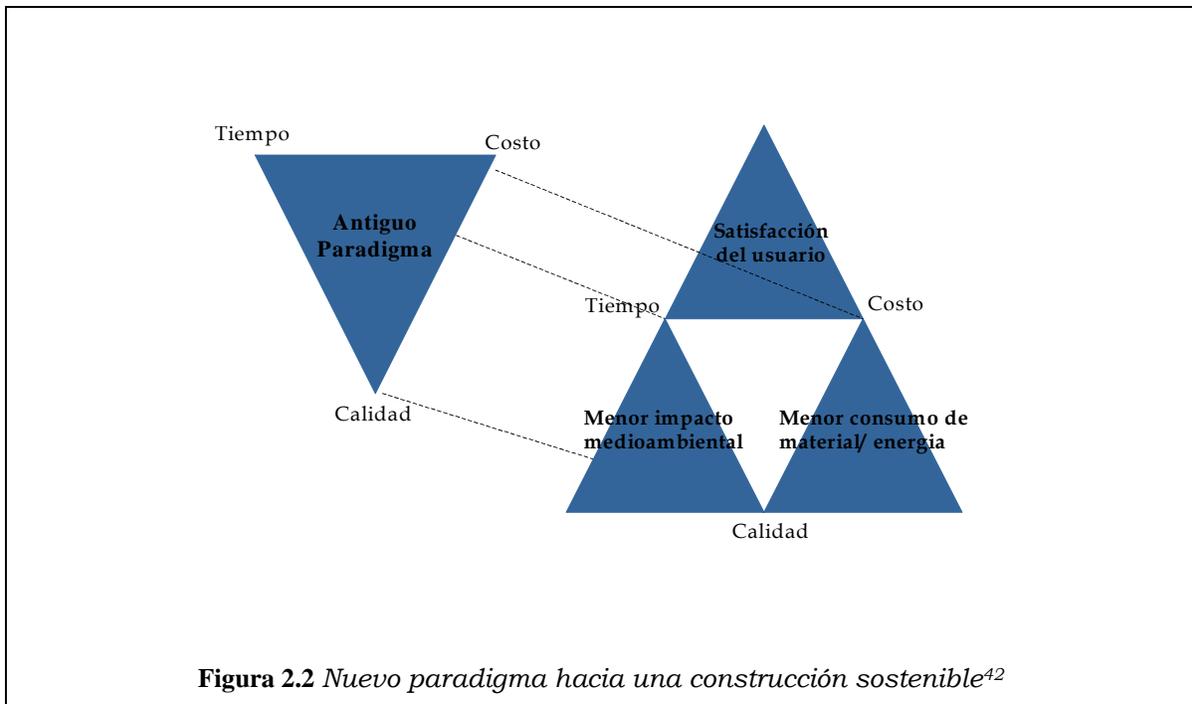
Augenbroe, sugiere que el sector de la construcción debe de modificar su forma de trabajo, dando lugar a un nuevo paradigma que contemple la satisfacción del usuario, el menor consumo de material - energía y un menor impacto ambiental⁴², figura 2.2, nuevo paradigma hacia una construcción sostenible.

³⁹ Rivas, David M. Sustentabilidad, desarrollo Económico, Medio Ambiente y Biodiversidad. Colección Parte Luz. Bogotá, (1998).

⁴⁰ Casado, J. Artur, “Efectos en el Medio Ambiente”, Editorial McGraw-Hill Interamericana de España. Madrid, (1996).

⁴¹ Programa Internacional de educación Ambiental, “La educación Ambiental en la formación técnica profesional”, UNESCO-PNUMA, Europa, (1996).

⁴² Augenbroe, Godfried and Pearce, A., “Construcción sustentable en los Estados Unidos de América, Perspectiva para el año 2010, Syntesis report for CIB World Congress. Universidad de Florida, Estados Unidos, (1998).



Es necesario recordar los tres principios básicos formulados por el economista Herman Daly, cuya finalidad es avanzar hacia un desarrollo sostenible:

1. Para una fuente de recursos renovable, no consumirla a una velocidad superior a la de su renovación natural.
2. Para una fuente no renovable, no consumirla sin dedicar la parte necesaria de la energía resultante en desarrollar una nueva "fuente" que, agotada la primera, nos permita continuar disfrutando de las mismas prestaciones.
3. Para un residuo, no generar más que aquél que el sumidero correspondiente sea capaz de absorber e inertizar de forma natural.

2.2.2 Impactos ambientales.

A continuación se describen algunas categorías de impacto relacionadas con el proceso de la construcción, ver tabla 2.1, en donde el consumo de energías constituye entradas al sistema, sus evaluaciones ocurrirán en el ámbito de subsistemas de producción. Asimismo, se indican algunas de las principales sustancias que desencadenan el mecanismo de activación de las diferentes categorías de impactos señaladas.

Tabla 2.1 Impactos Ambientales más relevantes

ENTRADAS	Consumo de recursos no renovables
	Consumo de recursos renovables
SALIDAS	Calentamiento Global.
	Incidencia en la capa de ozono
	Acidificación
	Eutrofización
	Contaminación del aire por partículas.
	Afecciones en la salud humana

Fuente: CML, 1992⁴³

a) Efecto global.

Durante el proceso de calentamiento global, los gases del efecto invernadero forman un "escudo" que atrapa localmente parte de la energía irradiada. Debido a ello las capas más bajas de la atmósfera se calientan, propiciando el calentamiento de la superficie del planeta. Las consecuencias, previstas por los expertos en climatología, son que se elevará de 1.4° a 5.8 ° Celsius la temperatura media de la tierra en los próximos 100 años⁴⁴.

⁴³ Centro de Ciencias Ambientales (CML) Environmental Life Cycle Assessment Products Guide NOH-9253/54, 224 pp. Leiden, Holanda, (1992)..

⁴⁴ Sistema de información Geográfica para la gestión Ambiental, Fideicomiso Queretano para la Conservación del medio Ambiente FIQMA. México, (2000).

Este cambio climático traerá consecuencias diversas, entre otras, aumento de la temperatura en los polos terrestres con deshielo de los glaciares; aumento del nivel de los océanos con pérdida de territorio de algunos países insulares; propagación de enfermedades tropicales a otros países de clima temperado; etc.

b) Efecto regional.

Entre las categorías de efecto regional, se han elegido para ejemplificar su mecanismo dos de ellas, cuyos impactos medioambientales son originados principalmente, por las emisiones del dióxido de azufre y óxido de nitrógeno:

b.1 La Acidificación.

La acidificación lleva al deterioro del medio ambiente y, en consecuencia, la permanencia por tiempo limitado de las sustancias acidificantes en la atmósfera, en la zona cercana al punto de emisión.

Mecanismo de la Acidificación. El dióxido de azufre constituye la sustancia principal que causa la acidificación, aunque, no es la única sustancia que provoca este tipo de impacto al medio ambiente Otra sustancia, es el óxido de nitrógeno, presente en los subsistemas cuya producción es también, potencialmente responsable de los efectos acidificantes.

Fuentes emisoras de las sustancias de la Acidificación. Con respecto a las emisiones de óxido de nitrógeno, éstas son atribuidas exclusivamente a los procesos energéticos de los sistemas, y resultan, principalmente, de aquellos subsistemas que usan combustibles fósiles (maquinarias mecánicas y vehículos de transporte).

b.2 Eutrofización.

Las emisiones de óxido de nitrógeno favorecen al enriquecimiento de nutrientes de las reservas acuáticas y suelos agrícolas. La elevación en el contenido de nitrógeno que resulta de la liberación del nitrato en los ecosistemas causa un desequilibrio que favorece el desarrollo, sin control, de algas en las reservas hidrológicas que terminan por disminuir la cantidad de oxígeno, necesario para que otros seres vivos sobrevivan en su hábitat⁴⁵.

Por su parte, en los sistemas agrícolas el enriquecimiento del suelo con nitrógeno provoca el desequilibrio de la carga de sales y nutrientes poniendo en peligro la subsistencia de determinadas especies vegetales.

Mecanismo de la Eutrofización. En cualquier ecosistema existen elementos que las plantas y organismos acuáticos necesitan para su anabolismo, entre los principales cabe destacar el carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque también son necesarios otros elementos como el nitrógeno y el fósforo, en cantidades equilibradas. También se requieren, aunque en menor cantidad, elementos como el potasio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, plomo, silicio y boro. Cabe mencionar la luz solar que garantiza, la energía necesaria para el proceso de la fotosíntesis y, consecuentemente, el cumplimiento con la cadena alimenticia.

c) Efecto local

Se presenta el mecanismo de impacto desencadenado a través del polvo, este tipo de contaminante de la atmósfera conduce a una categoría conocida como contaminación del aire por partículas, que se manifiesta con más intensidad en períodos de invierno, por lo tanto, se la conoce también como contaminación de invierno.

⁴⁵ Centro de Ciencias Ambientales (CML) Environmental Life Cycle Assessment Products, 84-189 pp. Leiden, Holanda, (1922)

2.2.3 Contaminación del aire por partículas.

Los efectos debidos a las emisiones de partículas sólidas al aire resultan perjudiciales para la salud humana y otros seres vivos. A medida que estas partículas se mantienen en suspensión en el aire, y en función de su concentración, al ser respiradas por los seres vivos pueden causar daños irreversibles al sistema respiratorio⁴⁶.

Estas partículas permanecen poco tiempo en suspensión en el aire y después se depositan rápidamente en el suelo, su principal dispersor es el viento, pero generalmente estas partículas permanecen cerca de su fuente emisora.

Fuentes emisoras.

Entre las emisiones que provocan este tipo de impacto, están las sustancias como el polvo, el hollín u otras partículas que no captan los filtros y se dispersan por el aire, se originan generalmente durante el proceso de extracción de recursos en las canteras y bancos de materiales, un gran porcentaje se produce en los procesos de trituración. Todas las partículas en suspensión presentes en el aire; originadas del sistema de producción, tienen efectos contraproducentes sobre el medio ambiente.

El enfoque del proyecto surge del hecho de que se carece de un programa estatal, que defina las políticas ambientales en la materia, que aliente la creación de la infraestructura necesaria para su manejo integral ambientalmente adecuado, tecnológicamente efectivo, económica y socialmente viable. Además es imprescindible que los municipios busquen los mecanismos necesarios y

⁴⁶ Casado, J. Artur, Efectos en el Medio Ambiente, editorial Mc Graw-Hill Interamericana de España. Madrid, (1996).

eficientes para influir en la población haciendo conciencia sobre la protección a la naturaleza y el manejo adecuado de las reservas.

2.3 Gestión de los MROC en la Unión Europea.

El destino de los MROC en Europa se encuentra en movimiento; ha pasado gradualmente del relleno y vertido incontrolado a un proceso de selección y acopio; con la finalidad de reciclar y producir materiales secundarios. El principal elemento potencial ha sido el incremento en el costo del vertido y la prohibición del vertido incontrolado a través de multas y sanciones.

En la tabla 2.2 se observa que Holanda, Bélgica y Dinamarca superan la cifra de 90% del reciclaje en los casos de hormigón, ladrillos, tejas, etc., en el caso de suelos producto de excavación y demolición Holanda y Bélgica mantienen un alto grado de reciclaje, además de llegar casi al 100% de reciclaje del asfalto procedente de la construcción o renovación de carreteras⁴⁷.

La escasez de materias primas para la producción de áridos vírgenes, y la dificultad de encontrar lugares con potencial para vertedero dio origen a la política del reciclaje en los países de la Comunidad Europea, y esta ha sido complementada con medidas de carácter legal y económico.

El reciclaje de los MROC con características de áridos ha impulsado el reciclaje de otros materiales contenidos en los MROC, tales como: la madera, los metales y los plásticos. El reciclado de morteros como áridos data de épocas antiguas en donde se observaba la reutilización de morteros de cal triturados, empleados para la construcción de nuevos aglomerantes.

⁴⁷ Jornada sobre Arquitectura Bioclimática, Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, Fondo Social Europeo. Europa, (2004).

Tabla 2.2 Gestión de MROC en algunos países integrantes de la Unión Europea

GESTIÓN DE MROC EN LA UE.				
Holanda	Reutilización	Reciclaje	Incineración	Vertedero
Hormigón, ladrillos y tejas	0%	93%	1%	6%
Suelos producto de excavación y demolición	0%	90%	1%	9%
Asfalto de carretera	72%	28%	0%	0%
Bélgica	Reutilización	Reciclaje	Incineración	Vertedero
Hormigón, ladrillos y tejas	1%	97%	0%	2%
Suelos producto de excavación y demolición	1%	94%	1%	4%
Asfalto de carretera	0%	100%	0%	0%
Dinamarca	Reutilización	Reciclaje	Incineración	Vertedero
Hormigón, ladrillos y tejas	1%	97%	0%	2%
Suelos producto de excavación y demolición	61%	75%	3%	16%
Asfalto de carretera	74%	26%	0%	0%
Suecia	Reutilización	Reciclaje	Incineración	Vertedero
Hormigón, ladrillos y tejas	0%	20%	0%	80%
Suelos producto de excavación y demolición	1%	20%	17%	62%
Asfalto de carretera	60%	0%	0%	40%

Fuente: El manejo de los residuos de la construcción y demolición⁴⁸

P. J. Nixon en el año de 1978 realizó una revisión sobre el hormigón (concreto) con áridos reciclados, señaló que en la Segunda Guerra Mundial fue el momento en el que aparecieron los primeros documentos extensos sobre la utilización de áridos generados de la demolición de edificios en la producción de hormigón, centrándose en los escombros compuestos de trozos de ladrillos.

⁴⁸ Díaz L. F., Savage G. M., Ortellado M., "El manejo de Residuos de Construcción y Demolición", Comisión Europea CEPIS/OPS, (1999).

La gestión de los MROC, al igual que la de otro tipo de residuos, presenta en la actualidad un panorama muy diverso en función del ámbito geográfico que se trate. En general, son los países que poseen un mayor conocimiento de temas medioambientales, los que han adoptado las principales iniciativas tendientes a regular su gestión, haciendo hincapié de las posibilidades de reutilización o reciclado de los materiales.⁴⁹

⁴⁹ Jornada sobre Arquitectura Bioclimática, Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, Fondo Social Europeo, Europa, (2004).

CAPÍTULO 3. LOS MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN.

3.1 El hombre y el uso de los materiales.

La evolución del hombre está marcada por la continua innovación de los materiales disponibles en la naturaleza, con la finalidad de encontrar nuevos usos que permitan desarrollar mayores avances.

La vivienda tiene innegablemente una función social; ya que surge como una necesidad humana para protegerse del mundo exterior adverso. Esta demanda es satisfecha con la creación de un ambiente artificial acorde a necesidades del individuo, espacio y tiempo específicos. Lo cual se realiza a costa de la degradación del ambiente natural, que es la que proporciona los insumos o materias primas y capta sus residuos⁵⁰.

Si nos remontamos a la aparición del Homo-Sapiens, nos encontraremos justamente en la era del Paleolítico Superior; donde se observa una destreza considerable en el manejo del pedernal, la madera y algunas fibras vegetales, los primeros materiales utilizados por el hombre. El pedernal, un material duro pero fácil de fracturar al impacto, generador de fuego al frotar, fue trascendente en la evolución del hombre de esa época.

También hicieron su aparición las herramientas y artefactos compuestos de varias piezas y de materiales diferentes, en las que aprovecharon las propiedades de cada uno de ellos para una función específica. En su proceso de búsqueda de piedra útil para la fabricación de sus primeras herramientas, encontró material fácilmente maleable como lo son el cobre y el oro.

Inicialmente las técnicas para trabajar estos metales fueron el martilleo o forjado en frío. Posteriormente el recocido; técnica que consistía en la aplicación moderada de calor permitiendo el reblandamiento del metal a fin de facilitar su conformación mediante el martilleo. Cuando el hombre aprendió a confiar en el calor surgió el método de fundición, que consiste en la aplicación del calor hasta lograr que el metal pasara de un estado sólido al estado líquido, condicionándolo a darle forma hasta que enfriara. Lo que desembocó en el cuarto y último método: el moldeo; que consiste en darle forma específica al metal ya fundido, colocándolo en un recipiente mientras se lleva a cabo el enfriamiento y la solidificación del metal.

Evolucionando de tal forma su medio para la satisfacción de sus necesidades, pasando de la caverna a espacios construidos por su mano con fines específicos dando origen a la vivienda, los templos, los palacios, etc.

El pueblo egipcio utilizaba mortero para unir bloques y lozas de piedra al realizar sus asombrosas construcciones. Los griegos y los romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada. Fueron los primeros que utilizaron el concreto basado en cemento hidráulico, un material que se endurece con el agua, y no sufre cambio químico por la acción del agua en su vida posterior al endurecimiento. Propiedades que contribuyeron a la difusión de su empleo como material de construcción⁵¹.

El cemento romano cayó en desuso, y no fue sino hasta 1824; cuando el cemento moderno conocido como cemento Pórtland, fue patentado por Joseph

⁵⁰ Barman Henrikke and Rydberg Tomas. Life Cycle Assessment Comparison of the three methods for the Impact Analysis and Evaluation. Journal for Cleaner production. SETAC vol. 2, No. 1. Europa, (1994).

⁵¹ Programa Internacional de educación Ambiental, "La educación Ambiental en la formación técnica profesional", UNESCO-PNUMA, Europa, 1996.

Aspdin, un constructor de Leeds, cemento obtenido por la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales asociados con sílice, alúmina y óxido de hierro que son calentados a temperaturas que provocan que se formen escorias, para posteriormente moler el producto resultante.

Fue así, de manera empírica, como el hombre fue descubriendo materiales y estableciendo la manera de producir cambios en ellos. La importancia de muchos de estos materiales y procesos debió pasar inadvertido hasta que algún hecho repetido de manera casual le dio la relevancia que actualmente tienen.⁵²

3.2 El análisis de ciclo de vida aplicado a productos del sector de la construcción.

Una forma de visualizar todas las relaciones que pueden ocurrir a lo largo de un el ciclo de vida es mediante la estructuración de un sistema o proceso, de tal modo que sean representados todos los pasos constituyentes de este sistema, es decir, desde la explotación de la materia prima, hasta donde finaliza su función ya sea en forma de residuo o material de reciclaje. En este tipo de estudios se analiza con una visión de comportamiento integral, el objeto de gestionar; aspectos técnicos, económicos o medioambientales. Esta práctica facilita la interpretación de todos estos en el ámbito global de un sistema.

En general, estos estudios se concentran en los flujos de entradas (ya sea de material, energía o productos no acabados) y salidas (productos acabados/ no acabados, coproductos y /o residuos) de cada unidad de sistema, y en función de los objetivos propuestos. En la figura 3.1 se muestran los flujos de un sistema genérico, cuyo objetivo es demostrar como este tipo de esquema auxilia la visualización de un cierto ciclo de producción o producto.

⁵² La educación Ambiental en la formación técnica profesional, Programa Internacional de educación Ambiental UNESCO-PNUMA, Europa, 1996

Con una visión global del sistema se puede enfocar objetivamente, determinando el subsistema, etapa o fase de su ciclo de vida atribuyendo los parámetros correspondientes para el análisis. En general, las intervenciones realizadas en los procesos de producción y sistemas de cualquier etapa de los procesos serán atribuibles a los agentes que intervienen en el proceso.

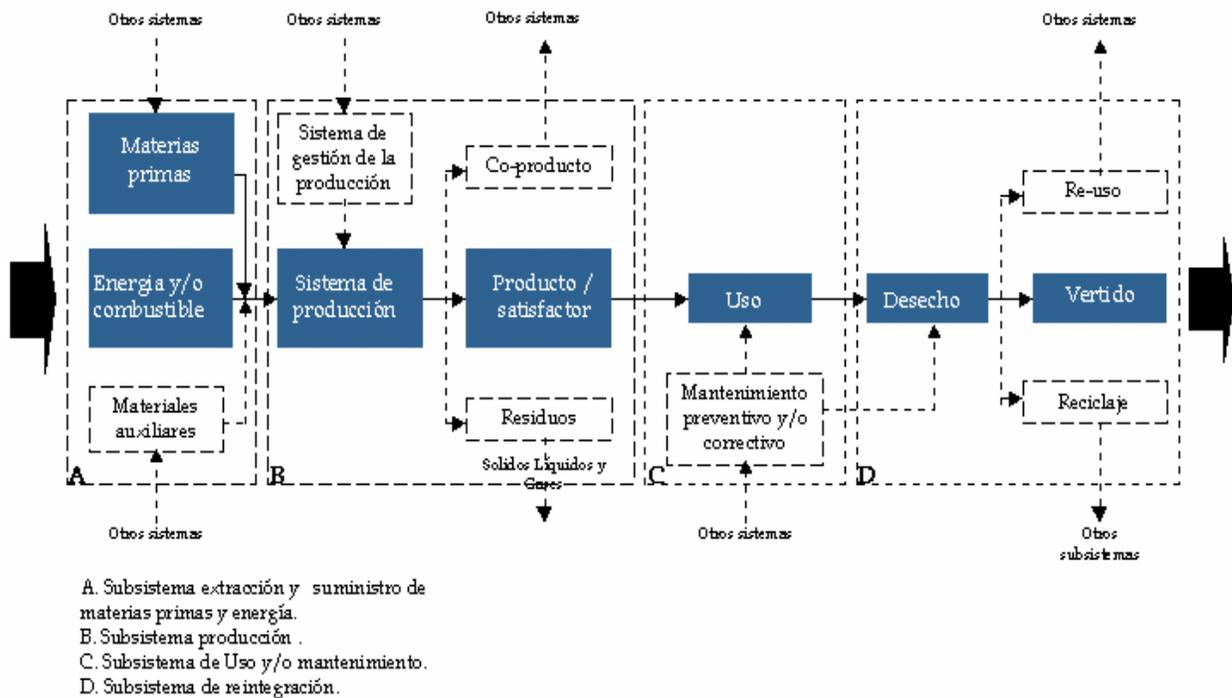


Figura 3.1 Flujo genérico del ciclo de vida de un producto.⁵³

El subsistema de producción es considerado como el centro del sistema global, los demás subsistemas funcionarían como satélites y les corresponderían algunas de las variaciones del flujo que se puedan producir.

⁵³ Barman Henrikke and Rydberg Tomas. Life Cycle Assessment Comparison of the three methods for the Impact Analysis and Evaluation. Journal for Cleaner production. SETAC vol. 2, No. 1. Europe, (1994).

Estas consideraciones son útiles cuando se aplican en el ámbito de la construcción, se aprecia la diferencia si se compara con otros procesos industriales, ya que en el sector de la construcción sus procesos generalmente son en el lugar donde se ejecuta la obra, lo cual difiere con otros procesos industriales en el sentido de la temporalidad y la ubicación.

En el caso de los procesos industriales en serie, están estrechamente relacionadas con las plantas fijas, donde sus productos son colocados a disposición del usuario bajo determinadas condiciones de mercado, incluyendo las condiciones de distribución y ante claras exigencias de consumo, con un ciclo de vida relativamente corto e intenso después de consumidos, estos productos generan residuos que son llevados a los vertederos, plantas de reciclaje, basureros, etc., es decir que en general se tiene un ciclo de vida completo⁵⁴.

La mayor parte de los productos de la construcción son resultantes de plantas industriales que están para cubrir las necesidades específicas del constructor. Después de esta etapa de uso a estos productos todavía les queda un largo periodo de existencia, ya que en el proceso de demolición es difícil así como costosa la separación de sus componentes, lo que ha dificultado incluir un sistema de reciclaje. Básicamente estos productos están compuestos en su mayoría por materiales inertes, y cuando son llevados al vertedero ocupan grandes espacios limitando la capacidad de estos.

3.3 Materiales de la construcción para la ciudad de Querétaro.

En México la exportación de insumos para la industria de la construcción se lleva a cabo en países del centro y norte de América, además de Estados Unidos

⁵⁴ Barman Henrikke and Rydberg Tomas. Life Cycle Assessment Comparison of the three methods for the Impact Analysis and Evaluation. Journal for Cleaner production. SETAC vol. 2, No. 1. Europe, (1994).

de América, donde se realiza la exportación de los siguientes insumos: acero de refuerzo, pinturas, cemento Pórtland gris, cemento Pórtland blanco, cobre, paneles aislados, centros de carga, interruptores de seguridad, paneles W, ladrillos, perfiles PTR, perfil tubular, polín monten, lámina y placa de acero⁵⁵.

México importa los siguientes insumos; cemento, equipo para concreto, curaconcretos, maquinaria pesada, equipo ligero, pisos y azulejos cerámicos, sistemas de calefacción, sistemas de aire acondicionado, y plafones.

Para la ciudad de Querétaro el proceso de selección de los materiales depende de la accesibilidad a estos, así como el poder adquisitivo de la población. De acuerdo a la información obtenida en el Censo General de Población y Vivienda realizado en el año 2000, los materiales más utilizados para la construcción de vivienda en la ciudad de Querétaro, se tienen:

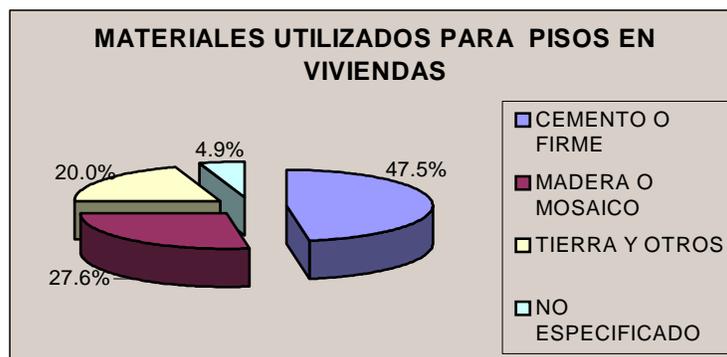


Figura 3.2 *Materiales utilizados para pisos en viviendas.*⁵⁶

⁵⁵ Augenbroe, Godfried and Pearce, A., Construcción sustentable en los estados unidos de América, Perspectiva para el año 2010. Syntesis repor for CIB World Congreso. Universidad de Florida, EU., (1998).

⁵⁶ XII Censo Parcial General de Población y Vivienda, INEGI Querétaro de Arteaga, tabulados básicos. Tomo I, México, (2003).



Figura 3.3 Materiales utilizados para paredes en vivienda⁵⁶

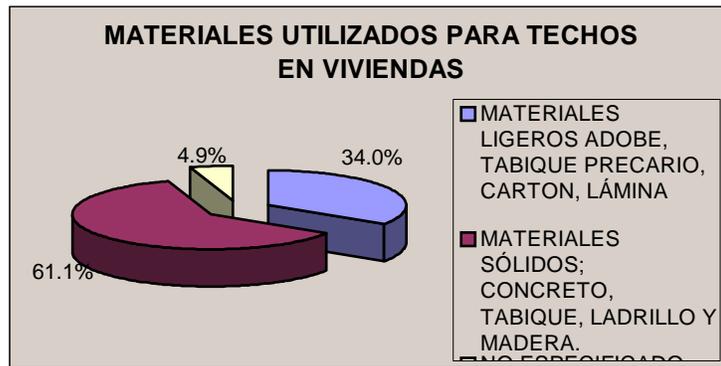


Figura 3.4 Materiales utilizados para techos en viviendas.⁵⁶

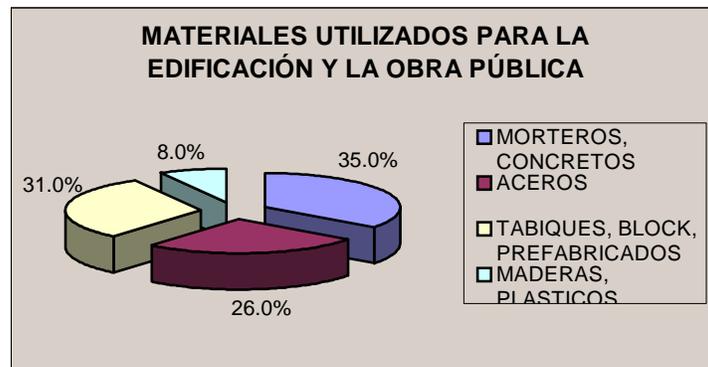


Figura 3.5 Materiales utilizados para la edificación y la Obra Pública.⁵⁶

3.3.1 Morteros y concretos.

El cemento es uno de los materiales más utilizados en la construcción. Sus materias primas (piedra calcárea y materiales arcillosos) proceden de recursos no

renovables y su extracción tiene un notable impacto ambiental. En lo referente al proceso industrial, la obtención del clinker implica un elevado consumo de energía y emisiones importantes de gases y polvo al molerlo. El polvo del cemento es nocivo para los pulmones e irrita la piel, tanto en estado seco como mezclado con agua⁵⁷.

Algunos fabricantes reducen el impacto de sus instalaciones mediante molinos de baja emisión de polvo. Otra opción utilizada es el uso de cementos puzolánicos, que contiene materiales rechazados de otros hornos, lo cual supone la reutilización de residuos. El cemento puzolánico, es un aglomerante hidráulico, producido por la mezcla de un material conocido como puzolana; que puede ser natural como las rocas volcánicas y los suelos en que el constituyente silicio contiene ópalo, o cenizas volcánicas, las escorias de fundición, el hidrato de cal.

Los concretos y los morteros, suman virtudes y defectos de los áridos, los conglomerantes y el agua. La creciente utilización en aditivos nos permite ahorros de los componentes citados.

3.3.2 Bloques diversos y piezas cerámicas.

Los bloques de cementos están formados por una mezcla de agua, cemento y áridos. En cuanto al material en sí, presenta los mismos problemas que sus componentes; la explotación de bancos de materiales no renovables. Generación de contaminación e impacto ambiental en su proceso de extracción y procesado.

⁵⁷ Aguilar Alfonso, "Reciclado de materiales de construcción", Instituto Juan de Herrera, El Boletín de la Biblioteca, No. 2. Madrid, España, (1997).

La cerámica es un material tradicional, y sus ventajas medioambientales radican en la durabilidad y en sus bajos costos de mantenimiento. Se obtiene de recursos no renovables y su proceso de cocción implica un gasto energético elevado, ya que requiere de temperaturas de 1000° Celsius.

Con respecto al ladrillo común es muy importante considerar la calidad del agua que se utiliza en su elaboración y respetar la regularidad de sus dimensiones, para evitar utilizar una gran cantidad de mortero como mezcla de asiento o revoques⁵⁸.

3.3.3 Estructuras de Madera.

La madera requiere poca energía para su transformación. Para garantizar su conservación requiere de una protección adecuada, esta protección tiene como finalidad alargar la vida útil. La madera como material de construcción presenta la ventaja de ser reutilizable y reciclable, mediante procesos con un bajo costo económico, es un material biodegradable que puede ser devuelto al ciclo de la naturaleza.

3.3.4 Materiales Pétreos.

Las rocas son elementos de obra o de fábrica, constituida por piezas de piedra natural o artificial, unidas con mortero o pasta obtenida de un producto aglomerante; son resistentes a la compresión.

En los procesos de construcción, las rocas se utilizan como elemento resistente, decorativo o como materia prima para otros materiales. Las rocas se

⁵⁸ Aguilar Alfonso, "Reciclado de materiales de construcción", Instituto Juan de Herrera, El Boletín de la Biblioteca, No. 2. Madrid, España, (1997).

extraen normalmente de las canteras o excavaciones arrancándolas de la corteza terrestre por medio de máquinas, en el caso de rocas blandas, o voladuras, en el caso de rocas duras; se obtienen grandes bloques de roca sin una forma determinada para un posterior proceso con la finalidad de dar las dimensiones y forma final.⁵⁹

3.3.5 El hierro y el acero.

El 90 % de todos los metales fabricados a escala mundial son de hierro y acero. Los principales minerales de los que se extrae el hierro se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Principales minerales del hierro.

Mineral	% de obtención de hierro
Magnetita (merma negra)	72.4
Hematita (merma roja)	70.0
Limonita (merma café)	60-65
Siderita (merma café pobre)	48.3

Fuente: Dirección General de Minas ⁶⁰

La merma café es la mejor para la producción de hierro, existen grandes yacimientos de este mineral en Estados Unidos y en Suecia. La pirita se encuentra en grandes cantidades, pero no es utilizable por su gran contenido de azufre.

Para la producción de hierro y acero son necesarios cuatro elementos fundamentales; minerales de hierro, coque, piedra caliza, y aire. Los tres primeros

⁵⁹ Programa Internacional de educación Ambiental, "La educación Ambiental en la formación técnica y profesional", UNESCO-PNUMA, Ed. Libros de la Catarata. Europa, (1996)

se extraen de minas y son transportados y preparados antes de que se introduzcan al sistema en el que se producirá en arrabio. El arrabio es un hierro de poca calidad, su contenido de carbón no está controlado y la cantidad de azufre rebasa los estándares comerciales. Sin embargo es el producto de un proceso conocido como la fusión primaria del hierro, y del cual, todos los hierros y aceros complementarios⁶¹.

3.4 Impactos al medio ambiente de los productos de la construcción.

Actualmente no existe una metodología aceptada que cuantifique o permita por medio de criterios medioambientales la selección de un material o sistema constructivo. Por lo que procedemos a establecer los impactos generados al ambiente, con la finalidad de poder definir criterios.

Las obras de construcción causan impactos ambientales y de salud a través de:

- el agotamiento de los recursos naturales,
- contaminación ambiental,
- generación de residuos,
- contaminación química,
- perturbación del medio físico,
- deterioro social y ambiental,
- impacto visual al entorno.

⁶⁰ Informe sobre el consumo de materias primas, Dirección General de Minas, Secretaría de economía, cuadro No. 6. México, (2002).

⁶¹ Informe sobre el consumo de materias primas, Dirección General de Minas, Secretaría de economía, cuadro No. 6. México, (2002).

En la tabla 3.2 se reproduce la posible distribución de porcentaje en volumen de las distintas materias primas utilizadas en el proceso constructivo de obras en la ciudad de Querétaro⁶².

Tabla 3.2 Materias primas utilizadas en el sector de la construcción.

Material	% en volumen
Arena	32
Grava	22
Metales	19
Caliza, Cemento	11
Arcilla	6
Piedra natural	4
Petróleo	3
Madera	2
Yeso natural	1
TOTAL	100

Fuente: SEDESU; 2000

Se observa que el mayor porcentaje se encuentra constituido por arena y gravas, seguido de los metales, caliza y cemento, lo que nos da un parámetro para estimar el porcentaje cantidad y tipo del material a recuperar de los MROC.

La tabla 3.3 muestra algunos criterios para realizar una selección del material de construcción a utilizar con la finalidad de disminuir el impacto ambiental generado por las técnicas constructivas, que contemplan muchas veces en sus procesos; materiales altamente nocivos y de gran impacto al medio⁶³.

⁶² Secretaria de Desarrollo Sustentable. Municipio de Querétaro, México (2000).

Podemos observar que en todo el proceso constructivo desde la extracción de las materias primas hasta la demolición del edificio o estructura pasando por cada una de sus etapas de vida útil, se generan residuos.

Tabla 3.3 Criterios medioambientales para la selección de material.

CRITERIOS	JUSTIFICACIÓN
1. <i>Recursos renovables</i>	Los materiales elaborados con materias primas y energías renovables o muy abundantes, son preferibles ante otros que utilizan fuentes convencionales o escasas (ej. combustibles fósiles, minerales escasos, etc.), debido al carácter preservante y efecto biodegradable de sus fuentes materiales;
2. <i>Ahorro energético</i>	El balance energético del material, debe demostrar ser el producto con menor coste energético a lo largo de todo su ciclo de vida, principalmente cuando se compara con otro, bajo los mismos criterios;
3. <i>Valorización de residuos</i>	El uso de materiales elaborados con residuos, reutilización o reciclaje de subproductos de la construcción, frente a otros materiales con fuentes de materias primas convencionales deben ser potenciados;
4. <i>Industrialización</i>	Los productos estándar montados industrialmente, que disponen de un balance en su ciclo de vida racional, y principalmente, desde el punto de vista económico, son más favorables;
5. <i>Tecnología Limpia</i>	Todas las fuentes de materias primas y energías empleadas en la producción del material, tal como, la eficiencia del proceso productivo (extracción, transformación y acabados) deben asumir el carácter de no contaminante;
6. <i>Toxicidad</i>	La ausencia de efectos alérgicos, emisiones tóxicas, anormales electromagnéticas y la minimización de la radioactividad natural constituye un criterio básico para la selección del material;
7. <i>Durabilidad</i>	Todas las informaciones acerca del valor funcional, durabilidad y bases de mantenimiento para que este producto resista adecuadamente bajo las condiciones de uso, durante toda su vida útil, son valores fundamentales como criterio selectivo.

Fuente: Programa Internacional de Educación Ambiental⁶⁴

⁶³ Programa Internacional de educación Ambiental, "La educación Ambiental en la formación técnica y profesional", UNESCO-PNUMA, Ed. Libros de la Catarata. Europa, (1996).

⁶⁴ Programa Internacional de educación Ambiental, "La educación Ambiental en la formación técnica y profesional", UNESCO-PNUMA, Ed. Libros de la Catarata. Europa, (1996).

La construcción es un proceso y la vida útil de los edificios implica la sucesión de una serie de etapas que a continuación se describen:

- La producción de los materiales de construcción; extracción de la materia prima, transporte del material, transformación, comercialización, transporte a pie de obra, entre otros.
- Construcción. Limpieza del terreno, incorporación de los materiales de construcción al objeto construido, incorporación de la energía para la transformación mecánica, amortización del equipamiento, gasto de energía, generación de residuos.
- Uso /Habitabilidad; la adopción de las formas y materiales de la construcción generan un mayor nivel de confort artificial.
- Mantenimiento; la adopción de materiales de la construcción implica diferentes gastos de mantenimiento, con materiales de costos ambientales diferentes y que implican mayores o menores insumos energéticos.
- Demolición; una vez finalizada su vida útil, es la demolición o el desmantelamiento de lo construido. El proceso consume energía y produce MROC que pueden ser o no biodegradables. Algunos productos pueden ser reutilizados o reciclados en forma parcial o total para incorporarse a un nuevo ciclo.

Una de las razones de esta situación es la falta de información de todos los agentes involucrados en la construcción y el proceso en general. No se tiene la información adecuada de los problemas medioambientales, por ello, es

fundamental dar a conocer que el sector de la construcción representa un peligro creciente para el medio ambiente, si no se toman medidas reguladoras. Del mismo modo, hoy en día, es perfectamente posible conseguir una arquitectura que perjudique, en su proceso, lo menos posible al medio ambiente, y que en costos sea competitivo; logrando casi el mismo precio que la ejecución de una construcción tradicional.

Factores de la inadecuada gestión de escombros:

- No se considera el impacto visual provocado por el vertido incontrolado de MROC en toda la ciudad,
- Escasa sensibilización respecto a la repercusión ambiental,
- la inexistencia de una ley que regule la gestión de MROC,
- La inexistencia de un lugar adecuado para la gestión de MROC,
- Una mala costumbre de verter los MROC de forma incontrolada en lugares poco aptos o mal entendidos como marginales,
- Las instancias que deben regular el vertido, permiten el destino de los MROC en zonas inadecuadas.

CAPÍTULO 4. LA CLASIFICACIÓN Y GENERACIÓN DE MROC.

4.1 Características de los MROC

La generación y tratamiento de MROC, no son considerados como un problema ambiental relevante, por lo cual los agentes productores, de transporte y vertido de los mismos, no han encontrado dificultades para su inadecuada gestión.

El aumento de la calidad de vida en la ciudad de Querétaro, el desarrollo urbanístico experimentado en los últimos años, la proliferación de viviendas, el crecimiento de la mancha urbana, la renovación en las técnicas constructivas, el impacto actual generado al medio; son factores que deben propiciar el cambio en la posición de la ciudadanía y las autoridades, con relación a este tema.

En este capítulo se analiza la problemática actual que presenta la ciudad de Querétaro, en donde se observa, el vertido incontrolado de los MROC en diferentes zonas como lo son: los huecos urbanos generados por la falta de planeación en el crecimiento y el ritmo acelerado de este, figura 4.1, en terrenos baldíos no cercados o abandonados, figura 4.2, en los límites de la zona urbana de la ciudad, figura 4.3. Todos estos residuos fueron generados por la industria de la construcción en sus diferentes procesos; ejecución, remodelación y demolición.



Figura 4.1 Vertido incontrolado de MROC, en la ciudad de Querétaro.



Figura 4.2 Vertido de MROC en terreno baldío, ubicado en la zona urbana de la ciudad de Querétaro.



Figura 4.3 Vertido de MROC en los límites urbanos de la ciudad de Querétaro.

Se iniciará estableciendo que:

Se considerarán MROC todos aquellos residuos generados durante los procesos de construcción, demolición, ampliación, de inmuebles y obras públicas.

Su composición es variable, como se observa en la figura 4.4, pero principalmente están constituidos; por materiales con características de inertes, tales como tierras, yesos, cementos, ladrillos, concretos, morteros, cerámica; además otros materiales como la madera, aceros, metales, vidrio y plástico, figura 4.5. Esta composición es reflejo de la distribución porcentual de las materias primas que utiliza el sector en su proceso como fue citado en el capítulo anterior.



Figura 4.4 MROC generados por la industria de la Construcción.



Figura 4.5 MROC con características de inertes.

Algunos materiales que constituyen los MROC, pueden ser inertes o relativamente no peligrosos in situ, pero pueden convertirse en peligrosos o no inertes dependiendo del método de eliminación. Por ejemplo algunas maderas tratadas o recubiertas pueden dar lugar a emisiones tóxicas cuando se queman.

Los MROC con características de inertes, son aptos para ser utilizados como material de relleno, debido a sus características; resulta ser el indicado para la restauración de espacios degradados por explotaciones mineras, así como su valorización para ser empleado como material de relleno. En el caso de la madera, plástico, acero y vidrio son materiales potencialmente reciclables.

4.2 La Industria de la construcción fuente generadora de MROC.

La industria de la construcción constituye una actividad económica que contempla en su proceso las etapas de construcción, remodelación, demolición y reconstrucción; de obras habitacionales en sus diferentes tipologías, edificaciones particulares o corporativas, obras de urbanización e infraestructura, entre otras.

En este proceso, son muchas las variables que inciden sobre el volumen, la cantidad y composición de los MROC generados por una ciudad, figuras 4.6 y 4.7, entre los más importantes podemos mencionar; la ubicación geográfica, el nivel de calidad de vida, el sistema constructivo, la factibilidad de disposición de materias primas. La falta de espacios para una gestión adecuada ha provocando el abandono de los MROC en vertederos clandestinos, figuras 4.8 y 4.9.



Figura 4.6 MROC generados por la industria de la construcción, en la ciudad de Querétaro.



Figura 4.7 Terreno utilizado como vertedero clandestino, en la ciudad de Querétaro.



Figura 4.8 MROC generados por la demolición del CRIQ, en la ciudad de Querétaro.



Figura 4.9 Terreno baldío utilizado como vertedero clandestino, en la ciudad de Querétaro.

De acuerdo a la información obtenida por el Sistema de indicadores de la Dirección de Desarrollo Urbano; sobre las solicitudes de licencia de construcción realizadas en el año 2004; se determinó en la tabla 4.1, que el mayor porcentaje de solicitudes fueron realizadas y autorizadas para la construcción de nuevas edificaciones, seguido de las demoliciones, y finalmente las ampliaciones o remodelaciones. El porcentaje de demoliciones se obtuvo del análisis directo del proyecto arquitectónico; que como requisito para la expedición de la licencia fueron entregados a la Dirección.

Tabla 4.1 Fuentes generadoras de MROC en la ciudad de Querétaro.

FUENTES GENERADORAS DE MROC	% generado
La construcción de nuevas edificaciones, industrias, y viviendas.	58
Ampliación o remodelación de estructuras existentes.	22.5
La demolición en general de estructuras.	19.5

Fuente: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología⁶⁵.

4.2.1 La construcción de obras nuevas.

La construcción, entendida como la acción de fabricar, diseñar y erigir una obra, es la principal fuente generadora de escombros en nuestra Ciudad. La generación de escombros a lo largo del proceso constructivo depende de distintos factores, entre los que destacan fundamentalmente los siguientes:

- El tipo y calidad del proyecto;
- Las dimensiones del proyecto;
- La orografía del terreno original;
- Tecnologías y métodos constructivos aplicados a la obra;
- La factibilidad y accesibilidad a los materiales constructivos de la zona;

⁶⁵ Sistema de indicadores de la Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Querétaro, México, (2004).

Las principales tendencias en la construcción se alejan del trabajo manual a pie de obra y se orientan hacia el montaje de piezas prefabricadas o módulos; lo que reduce las operaciones de ajuste y corte dentro de la misma obra.

4.2.2 Las demoliciones.

Por demolición se entiende el conjunto de acciones realizadas a una estructura, encaminadas hacia su derribo total o parcial y el traslado posterior de los productos resultantes, figura 4.10.



Figura 4.10 *Demolición de estructura, en la Ciudad de Querétaro.*

Generalmente las causas que provocan las demoliciones son;

- Por riesgo de colapso de la estructura;
- Por la ejecución de obras ilegales sobre terrenos inestables; el caso de los asentamientos irregulares en causes de ríos, sobre barrancas, sobre suelos arcillosos o no aptos para la construcción, etc.;
- Por inadecuada ejecución de las construcciones y baja calidad de las mismas;

- Por razones de funcionalidad territorial y modificaciones en los planeamientos urbanísticos;
- El crecimiento desmedido de las zonas urbanas;
- Por obsolescencia funcional o estructural de las construcciones o de los materiales que las constituyen.

La demolición, entendida como fuente generadora de escombros, se caracteriza por las siguientes condiciones que en ella confluyen:

- La gran cantidad y volumen de escombros que se produce en un período de tiempo relativamente corto,
- Las características particulares del escombro resultante: grandes trozos de estructuras,
- Las posibilidades y aptitud de los residuos para su reutilización o reciclaje.

El empleo de las técnicas de demolición basadas en mecanismos de percusión o en explosivos, genera trozos de MROC de gran tamaño, cuya manipulación, traslado y eliminación; resulta complicada y costosa. Estas técnicas influyen en la calidad de los MROC obtenidos por un proceso de demolición, y consecuentemente, en la capacidad y viabilidad de aprovechamiento. La capacidad de aprovechamiento de un MROC, o fracción del mismo, es mayor en cuanto mayor es la pureza del mismo y menor la presencia de elementos indeseables para el uso específico que se pretende. Además, este tipo de MROC ocupa un considerable volumen de la capacidad de los bancos de tiro, acortando considerablemente las previsiones de su vida útil.

4.2.3 Las ampliaciones y remodelaciones de estructuras existentes.

En esta fuente generadora de escombros se incluyen todas aquellas acciones que tienen por finalidad la ampliación, mejora, remodelación o rehabilitación de las estructuras ya existentes.

Se distinguen tres tipos:

- Rehabilitación de edificios,
- Mantenimiento y remodelación de infraestructuras,
- Reformas de vivienda en sus diferentes tipologías.

Respecto a la rehabilitación de edificios, resultan frecuentes las obras de esta naturaleza, aunque por el volumen de escombros generado no se plantean problemas importantes.

El mantenimiento y remodelación de infraestructuras es una actividad que generalmente es realizada por la Dirección de Obras Públicas Municipal o Estatal en respuesta al constante crecimiento de la ciudad y de la demanda de infraestructura y servicio, siendo la mayor fuente generadora en este rubro.

Las reformas de viviendas, generalmente son pequeñas obras en donde se contempla la demolición con la finalidad de la ampliación de la vivienda o en algunos casos por el daño a parte de la estructura.

4.3 Composición de los MROC.

Para determinar la composición de los MROC generados por la industria de la construcción en sus diferentes procesos, es inicialmente imposible aplicar reglas

generales, ya que de acuerdo a la literatura consultada la producción de MROC depende del tipo de construcción que se realice y del particular entorno en el que nos situemos, aunado a que en la ciudad de Querétaro no existe referencia alguna sobre la generación de los MROC ni su tipología, se procedió a realizar visitas físicas a obras de la construcción en busca de parámetros que nos ayuden hacer medible la problemática.

- Se determinó analizar el proceso constructivo del Fraccionamiento ubicado al sur de la ciudad con una casa tipo de 92 m², desplantada en un terreno de 7 x 15 autorizada a inicios del 2004, obra que incluye la ejecución de 450 casas tipo, urbanización y equipamiento del terreno: Su elección fue en base a que las características del proyecto corresponden a casa de nivel medio; representativa en tamaño y sistema constructivo de la ciudad de Querétaro, la densidad de población es la máxima autorizada para la zona, de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo 2003-2006.
- La ampliación de la Avenida Pasteur Sur, ubicada en la Delegación Josefa Vergara, Obra Municipal que involucra la demolición de un camellón central y la ampliación de 5 a 8 carriles. El crecimiento de la Ciudad actualmente exige una constantemente modernización y crecimiento en obras viales y pluviales, tanto municipales como estatales por lo cual se hace necesario el análisis de este tipo de obra
- La demolición del Centro de Rehabilitación Integral de Querétaro CRIQ, Obra Publica Estatal ejecutada en el 2002 y demolida a finales del 2004, por inestabilidad de la estructura.

La finalidad de este análisis es poder observar la composición, características y el volumen de MROC generados en cada proceso, así como la disposición final de estos.

4.3.1 En la construcción de obras nuevas.

En las últimas tres décadas, el estado de Querétaro se ha mantenido con un crecimiento exponencial arriba del promedio nacional; su dinámica poblacional, exige a las instancias gubernamentales y a la misma población, el uso de nuevos instrumentos de desarrollo para un esquema sustentable. El sector privado es el que mayor inversión ha tenido en la industria de la construcción en el año 2004, figura 4.11.

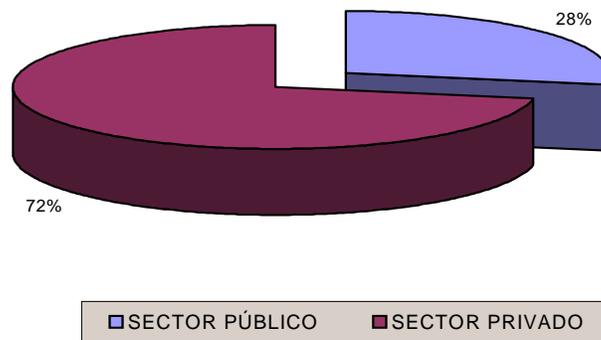


Figura 4.11 Valor de la Producción de las Empresas Constructoras por Sector Institucional para la ciudad de Querétaro.

En apoyo a las proyecciones elaboradas, por el Consejo Nacional de Población en el 2002, el crecimiento poblacional esperado para la ciudad de Querétaro hacia el año 2010 será de 15,585 habitantes anuales. Durante los años siguientes, el reto de la ciudad consiste en satisfacer la creciente demanda habitacional de la población, así como abatir las deficiencias y rezagos estructurales que en servicios y materiales se van presentando en las diferentes construcciones.

De acuerdo al primer informe realizado por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Delegación Querétaro, en el período administrativo 2003-2004, la industria de la construcción ejecutó un mayor porcentaje de obras de construcción de vivienda, figura 4-9.

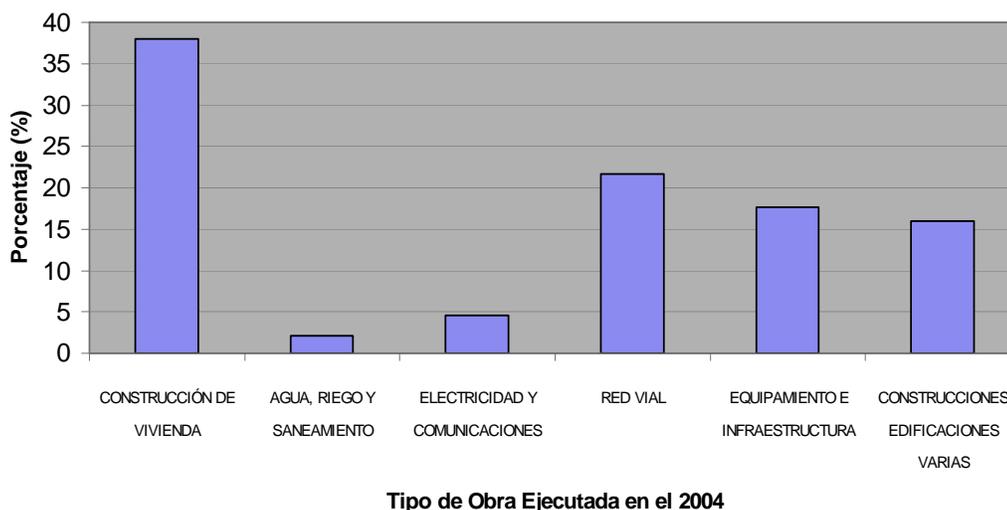


Figura 4.12 *Porcentajes de obras ejecutadas por tipo de construcción en el año 2004 en la ciudad de Querétaro.*

Por otra parte, la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), con base en el XII Censo General de Población de Vivienda de 2000, genera las hipótesis de crecimiento demográfico elaboradas por el Consejo Nacional de Población, sistematiza los datos de la vivienda y la proyección del crecimiento de hogares, de tal forma que analiza las características, vida útil nominal⁶⁶, y las condiciones de los materiales predominantes de las viviendas censadas, logrando estimar el impacto demográfico en las necesidades de vivienda⁶⁷.

⁶⁶ Serie Necesidades Esenciales en México. Situación actual y perspectivas al año 2000; vida útil nominal de los materiales SIGLO XXI editores-COPLAMAR, vol.3. México, (1983).

⁶⁷ Necesidades de Vivienda 2001-2010, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI) p.377. México, (2003).

Éste estudio se realizó abarcado el periodo del 2001 al 2010, por no ser de nuestro interés el total del periodo analizado, sólo se tomaron los datos correspondientes al periodo del 2005-2010 sintetizada en la tabla 4.2 para el Estado y registrados en la tabla 4.3 para el Municipio.

Tabla 4.2 Necesidad de vivienda para el Estado de Querétaro.

NECESIDAD DE VIVIENDA EN EL ESTADO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005 - 2010	PROMEDIO ANUAL AL 2000
VIVIENDA NUEVA	12,679	13,002	13,326	13,672	14,034	14,437	81,150	12,899
MEJORAMIENTO DE VIVIENDA	5,203	5,538	5,763	6,002	6,229	6,466	35,201	5,395

Fuente: CONAFOVI⁶⁸

En el caso del Municipio de Querétaro se tiene:

Tabla 4.3 Necesidad de vivienda para el Municipio de Querétaro

NECESIDAD DE VIVIENDA EN EL MUNICIPIO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005 - 2010	PROMEDIO ANUAL AL 2000
VIVIENDA NUEVA	7155	7635	7578	7808	8048	8319	46543	7302
MEJORAMIENTO DE VIVIENDA	2436	2565	2683	2803	2916	3040	16443	2498

Fuente: CONAFOVI⁶⁹

El diseño de fraccionamientos de interés medio popular satisface el 63% de la demanda actual de vivienda, y de acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 4.3, se deberán construir anualmente 7,302 viviendas nuevas y someterse a mejoramiento 2,498; dejando a un lado las obras de urbanización y equipamiento, que involucra la habilitación de las mismas. Estos datos proporcionan una visión del crecimiento de la ciudad en este rubro, de aquí la importancia de establecer los volúmenes y tipo de MROC generados en la ejecución de una vivienda, de manera

⁶⁸ Necesidades de Vivienda 2001-2010, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI) p.377. México, (2003).

que podamos dimensionar la problemática y estimar el daño que podría causar el desinterés sobre el tema.

Con la finalidad de poder establecer la composición de los MROC generados en obra nueva se procedió a analizar por medio de visitas físicas periódicas; el volumen producido durante la ejecución de una vivienda de planta tipo con 92 m² construidos, ubicada de acuerdo a los planes de Desarrollo Urbano vigentes, en zona H4.

En la figura 4.13, se observa el sistema constructivo utilizado para la cimentación consistente en piedra braza, asentada y junteada con mortero cemento – cal - arena. En el caso de los muros el sistema utilizado fue por medio de tabicón de concreto, asentado y junteado con mortero cemento – arena, figura 4.14.



Figura 4.13 *Cimentación vivienda nueva, ubicada en la Delegación Josefa Vergara en la ciudad. de Querétaro*



Figura 4.14 *Sistema constructivo por medio de muros de tabicón blanco.*

De acuerdo con los datos proporcionados por la constructora y las verificaciones realizadas durante la ejecución de la obra, se tiene que el sistema constructivo utilizado para la construcción de estas viviendas es:

1. Obra Civil.

- Mampostería de piedra braza, sin labrar, asentada y juntada con mortero cemento – cal - arena.
- Cadena de desplante de concreto $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$, con una sección de $15 \times 20 \text{ cm.}$, armada con armex 15-20-4; acabado común.
- Muro de tabicón de cemento gris de $10 \times 14 \times 28 \text{ cm.}$, de 14 cm de espesor, asentado y juntado con mortero cemento - arena, con espesor promedio de 1.5 cm .
- Castillo de concreto $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$, de $15 \times 15 \text{ cm.}$, de sección, armado con armex de $15 \times 15 - 4$, acabado común, figura 4.15.



Figura 4.15 Sistema constructivo en cadenas y castillo



Figura 4.16 Sistema constructivo utilizado para losa.

- Cadena de concreto $f'c= 200 \text{ Kg/cm}^2$ con sección de $15 \times 20 \text{ cm.}$, armada con armex $15 \times 20 - 4$, acabado aparente.
- Losa de vigueta y bovedilla de entrepiso y azotea, refuerzo de malla electrosoldada con capa de compresión de concreto de 4 cm. , figura 4.16 y 4.17
- Aplanado acabado fino en muros a plomo y regla de 2.5 cm. , de espesor promedio, figura 4.18.
- Emboquillado de muros a plomo y nivel con mortero cemento-arena.

- Piso de concreto simple de 8 cm., de espesor, acabado pulido con juntas de construcción, concreto $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$, T.M.A. $\frac{3}{4}$ ".
- Impermeabilización aparente en caliente, a base de A.S.F. con doble membrana y terminado terracota o aluminio.
- Enladrillado en azotea, con ladrillo rojo de 1.5 x 13 x 26 cm., asentado y junteado con mortero cemento - arena, en proporción 1:4, acabado común, lechada de cemento gris - agua.
- Chaflán de 10 x 10 cm., con concreto simple $f'c= 100 \text{ Kg/cm}^2$, terminado pulido.
- Repisón de pecho de paloma a base de tabique prefabricado de 8 cm., asentado y junteado con mortero de cemento - arena.



Figura 4.17 *Proceso constructivo vista general, vivienda ubicada en Qro.*



Figura 4.18 *Sistema constructivo acabados exteriores, vivienda ubicada en Qro.*

2. Instalaciones.

- Salidas eléctricas con poliducto de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ".
- Toma domiciliaria de agua potable con tubería quitec de $\frac{1}{2}$ " de diámetro.
- Alimentación hidráulica de toma domiciliaria a los tinacos de azotea, con tubo de cobre de 13 mm.
- Alimentación hidráulica de tinaco a red general y calentador con tubo de cobre tipo "M" de 19mm.

- Salidas hidráulicas con tubería de cobre tipo “M” de 13 mm.
- Salida sanitaria para lavabo, regadera, tarja y lavadero con tubo de PVC sanitario de 2” de diámetro.
- Salida sanitaria para WC con tubo de PVC reforzado de 4” de diámetro.
- Tubería de PVC sanitario reforzado de 4” de diámetro.
- Salida de gas con tubo de cobre tipo “L” de 13mm., incluye válvula de paso y piezas especiales de cobre.
- Bajada de agua pluvial con tubo de PVC de 4” de diámetro, incluye piezas especiales y zoclo de cerámica de 10 x 30 cm.,

3. Herrería.

- Ventana de 1.00 x 1.50 m, de aluminio natural de 1 ½” color natural.
- Ventana de 0.20 x 0.20m de aluminio natural de 1 ½” color natural.
- Puerta de herrería de lamina acanalada calibre No.18 y ángulo estructural de 0.90 x 2.10 m, figura 4.19.

4. Acabados.

- Repellado en muros a plomo y regla con espesor promedio de 2 cm., con mortero cemento – cal - arena.
- Aplanado acabado rústico en muros a plomo y regla, con un espesor de 2.5cm., con mortero cemento – cal - arena.
- Aplanado con yeso en muros con maestras a plomo y nivel de 2.5 cm., de espesor en promedio.
- Colocación de pintura vinílica color blanco Vinimex de Comex o similar, a dos manos para interiores.
- Piso de loseta vidriada de 20x20 cm., color blanco.
- Azulejo de 20 x 20 cm., asentado con pegazulejo y junteado con cemento blanco.
- Piso de loseta vidriada de 10 x 15 cm., color blanco.
- Piso de loseta antiderrapante 30 X 30 de primera calidad, asentado con pegazulejo y junteado con boquilla de color.



Figura 4.19 *Obra terminada de casa prototipo de 92 m2 de construcción en la ciudad de Querétaro.*

5. Obra exterior.

- Registro sanitario de 40 x 60 cm., de 1.00 m, de profundidad, muros de tabique rojo de 7 x 14 x 28 cm., asentado y junteado con mortero cemento – arena, firme y tapa de concreto F'C= 150 Kg./cm² de 8 cm.
- Calentador automático 40 L., incluye tubo de cobre tipo M, válvula de paso.



Figura 4.20 *Obra general de fraccionamiento ubicado en la ciudad de Querétaro.*



Figura 4.21 *Vista general de los trabajos realizados de obra exterior*

Para determinar los MROC generados por este tipo de obra, se procedió a recolectarlos en el área común dentro de la construcción, con la finalidad de poder realizar una preselección y separación y determinar porcentajes de material que lo componen, figura 4.22.

Los MROC fueron ubicados, por parte de la constructora, en la esquina de cada bloque de viviendas, sobre la calle principal de acceso. Cada bloque cuenta con 24 viviendas por calle. En esta primer valoración, se observó que la composición de los MROC es variada, se encontraron costales, bloques de concreto, trozos de tabicón de cemento, trozos de manguera, bolsas de plástico, madera, entre otros, figura 4.23.



Figura 4.22 *Recolección de MROC de obra, vivienda en la Cd. de Qro.*



Figura 4.23 *Composición de MROC obra nueva, vivienda en la Cd. de Qro.*

En una posterior visita, con la finalidad de tener un parámetro de referencia, se decidió que los MROC generados por una sola vivienda tipo, fueran acumulados por separado, en los otros casos, se procedió a concentrar los MROC acumulados en una sólo zona con el fin de determinar el volumen total generado. Posteriormente se realizó una separación por cuarteo de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-AA-091-1987, con la finalidad de clasificarlos, encontrando

volúmenes considerables: de trozos de tabicón de cemento, figura 4.24, así como trozos de concreto y sobrantes del colado, figura 4.25, suelos producto de excavación, y arenas.



Figura 4.24 Valorización de MROC, trozos de tabicón de cemento



Figura 4.25 Valorización de MROC, trozos de concreto.

En la figura 4.26, se puede observa la concentración del volumen total de MROC generados durante el proceso de construcción de 450 viviendas del fraccionamiento.



Figura 4.26 Concentración de MROC generados en el proceso constructivo, vivienda en la Cd. de Oro.



Figura 4.27 Separación de maderas contenidas en los MROC recolectados.

Se seleccionó el material de acuerdo a su tipo, para su clasificación y su posterior cuantificación en volumen del resto de MROC generados, mediante visitas semanales a la obra, se pudo determinar que desde el inicio de la obra

hasta su limpieza final para la entrega a la área de pre-venta, una vivienda de esta tipología, dimensiones y sistema constructivo; genera entre 42 y 46 m³ de escombros incluyendo suelos producto de excavación, y la limpieza inicial del terreno y espacios de equipamiento.

Si se considera que la casa consta de 99 m² de construcción, se tiene un valor de producción medio de 0.478 m³ de MROC por cada metro cuadrado de obra construido, valor que incluye la infraestructura y los espacios de equipamiento del propio fraccionamiento, espacios necesarios para su habilitación e integración a la mancha urbana.

En el caso del análisis realizado por separado de una vivienda tipo, se obtuvo un valor de producción medio de 0.358 m³ de MROC por cada metro cuadrado de obra construido, valor que no contempla la infraestructura, ni los espacios de equipamiento. De tal forma que se obtiene los valores contenidos en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Valor de producción medio de MROC generados durante el proceso de ejecución de una vivienda en la ciudad de Querétaro

OBRA	Vivienda + infraestructura <i>valor de producción medio</i>	Vivienda <i>valor de producción medio</i>	Infraestructura y equipamiento <i>valor de producción medio</i>
VIVIENDA NUEVA	0.478 m ³ de MROC x m ² construido	0.358 m ³ de MROC x m ² construido	0.12 m ³ de MROC x m ² construido

Con este factor y con base a los datos obtenidos de CONAFOVI, se estima que se construirán para satisfacer los requerimientos de la población de la ciudad de Querétaro un promedio anual de 7,302 viviendas nuevas para el periodo que abarca del 2005 - 2010, lo que generará 321,112 m³ de MROC por año, sumando el volumen que se generará por mejoramiento de vivienda, se alcanzará un total

de 579,763 m³ volumen correspondiente a la capacidad de dos estadios Corregidora anuales, sin contemplar la obra de infraestructura, obra pública, ni edificaciones.



Figura 4.28 MROC, producto del proceso de colado que incluyen restos de cemento.



Figura 4.29 Tierras negras producto de excavación, generados en el proceso constructivo.



Figura 4.30 Sobrante de grava y arena, generados en el proceso constructivo de una vivienda.



Figura 4.31 Suelos producto de excavación, generados en el proceso constructivo de una vivienda

4.3.2 Proceso de clasificación de los MROC en la construcción de obras nuevas

De acuerdo a la valorización y separación de los MROC, se logró identificar y clasificar la composición de los MROC generados por la construcción de obras nuevas para el caso en específico de vivienda en la ciudad de Querétaro, de la siguiente forma:

Papel. Constituido de sacos de bultos de cemento, cal y mortero, revestimientos y protecciones de molduras para puerta.

Plástico. Se encontró algunos envases de bebidas (PET/1), recipientes de jugo (PED-HD/2), bolsas de plástico diversas, trozos de canales para instalaciones, y tubos de PVC para la instalación sanitaria.

Vidrio. Se observó vidrio de botellas, trozos de vidrio de ventanas.

Materiales férricos (hierro y acero). Se encontró trozos de estructuras metálicas, de marcos de puerta y ventana, pedacería producto de la instalación de barandales y protecciones, malla electrosoldada, varilla, armex, alambión, alambre, anillos y clavos.

Metales no Férricos. El aluminio eliminado generalmente son trozos de marcos de ventana y contrapuestas entre otros, se encontró un número considerable de latas de bebidas. En el caso de cobre, se observaron trozos de tubería de cobre así como trozos de cable utilizado para la instalación eléctrica en diferentes calibres.

Residuo de Jardín. Se observan ramas y hojas, recortes de césped y arbustos, y suelo orgánico.

Residuos de Madera. Se encontró astillas de madera y trozos de formas irregulares, algunos tablones de cimbra, y pedacería en general.

Tierras, gravas, y arenas. Constituidos por tierra producto de la excavación, además arena residual del proceso de cernido, restos de grava, en general se encontró una gran cantidad de agregados.

Productos refractarios. Se observaron trozos en una gran variedad de tamaños de tabique, tabicón y block en su gran mayoría.

Concreto. Se encuentran trozos de concretos, restos de colados, trozos de cilindros y desperdicio en general de este material.

En cuanto a la composición de los MROC generados durante el proceso de ejecución de una obra de vivienda nueva, por medio de la separación de MROC realizada y al cálculo de volúmenes generados, se obtuvieron los porcentajes correspondientes a los materiales constituyentes, datos indicados en la tabla 4.5.

Éste análisis permite confirmar, los datos obtenidos en el proceso de revisión de literatura, donde se indica que más del 90% de los MROC generados por la industria de la construcción son materiales inertes.

Tabla 4.5 Porcentajes de componentes de MROC en una obra nueva.

TIPO DE MATERIAL	% generado
Suelos producto de excavación	61.0
Concretos, tabicón de cemento.	17.0
Cerámicos	16.0
Madera	2.40
Metales	1.80
Otros	0.80
Plástico y vidrio	0.50
Bituminosos	0.28
Papel	0.22

Realizando un comparativo entre el material requerido para la construcción de esta obra, y el volumen de material desechado como MROC durante el proceso, sin considerar los suelos producto de excavación, se obtuvo del costo total de los materiales utilizados en la obra; el 14.27% corresponde a pérdidas por desperdicio de material. Valor muy significativo si se considera que la utilidad de una compañía constructora en México es alrededor del 7%.

4.3.3 Demoliciones de estructuras.

La demolición de una obra que por las dimensiones del proyecto fue contemplada para su análisis en esta investigación; fue la demolición del Centro de Rehabilitación Integral de Querétaro CRIQ, localizado en la delegación Josefa Vergara, figura 4.32. Obra realizada por Gobierno del Estado de Querétaro en el 2002, que por problemas estructurales, en junio del año 2004 se ordenó su demolición, figuras 4.33 y 4.34.



Figura 4.32 Ubicación del CRIQ, en la ciudad de Querétaro.



Figura 4.33 *MROC generado por la demolición del CRIQ, Querétaro.*



Figura 4.34 *Demolición de CRIQ Querétaro*

El proyecto fue construido en un terreno con una superficie de 15 mil 347 metros cuadrados, de acuerdo al mapa de “Zonificaciones Geotécnica y Sísmica del Valle y zona Metropolitana de Querétaro”, que se encontraba edificado sobre lo que fue un banco de tiro, que no fue controlado durante su proceso de relleno.

Para poder realizar el cálculo de los porcentajes de los materiales que constituyen los MROC producto de la demolición de esta obra; fue necesario basarse en el proyecto arquitectónico, el sistema constructivo utilizado, y las visitas físicas al predio durante el proceso de demolición, figura 4.35.



Figura 4.35 *Desmontaje de Pisos CRIQ.*

Se realizó una separación selectiva de los materiales, estructuras metálicas, techos de lámina de acero, bloques de piso de concreto, adocretos, tierras, estructura metálica, techos de lámina, figuras 4.36 y 4.37.



Figura 4.36 *Volúmenes de materiales generados por la demolición del CRIQ.*



Figura 4.37 *Techos y tierras generadas por la demolición del CRIQ.*

El proceso de desmontaje selectivo, previo a la demolición tuvo como objetivo principal la recuperación del mayor porcentaje de material para su reutilización en la construcción de un nuevo CRIQ, a 1,500 metros de su ubicación inicial, con la finalidad de poder ahorrar 30 millones de pesos de los 57 invertidos en su construcción.

La demolición selectiva favorece enormemente las posibilidades de reciclaje de los materiales contenidos en los MROC, en la mayoría de los casos de demolición se puede realizar de una forma ordenada, y planificada, con la finalidad que desde su demolición se realice una selección previa y una separación con la intención de que el manejo y el reciclaje de éstos se facilite, además de que dicho proceso sea económicamente viable.

De acuerdo a un estudio realizado para comparar las características de planificación, las técnicas utilizadas, tiempos invertidos y resultados económicos

de una demolición convencional y una selectiva, producido por IFARE²⁷, se concluyó que en el caso de la demolición selectiva; la duración de los trabajos de demolición y el costo de ésta es considerablemente superior al de la demolición convencional. Pero también se tiene beneficios de la aplicación con el segundo método que hay que considerar:

- El desmontaje y separación sistemáticos permite la reutilización directa de vigas de acero, estructura metálica, rampas, que representan el 4 % de la masa total del edificio cuya venta genera recursos que representan aproximadamente el 9 % del costo de la demolición.
- La fracción de minerales reciclada en una instalación de machaqueo móvil a partir de residuos de la demolición selectiva se logró casi el 100% sin materia orgánica y yeso, en el caso de las demoliciones convencionales los productos obtenidos contienen 10% de materia orgánica y yeso.
- En la demolición selectiva sólo el 6 % de la masa total de demolición no fueron aptos para el reciclaje, fundamentalmente yeso, papeles pintados. En la demolición convencional el porcentaje de recuperación fue del 31% del volumen total.

La planificación de los trabajos constituye por lo tanto una etapa importante para un posterior reciclaje o reutilización del material producto de una demolición y una disminución en el costo del reciclaje.

Con relación a la composición de los MROC resultantes de las demoliciones, los porcentajes calculados del material constitutivo, se muestra en la tabla 4.6.

²⁷ Deconstruction selective- Estudio científico de la demolición selectiva de un inmueble. IFARE-DFIU, Magazine CTB, vol.101, pp 44-47 (1997).

Tabla 4.6 Porcentajes de componentes de MROC en la demolición de una estructura.

TIPO DE MATERIAL	% generado
Concretos, tabicón de cemento.	32.0
Estructuras metálicas	27.0
Cerámicos	25.0
Tierras producto demolición	5.70
Plástico y vidrio	3.70
Madera	2.00
Bituminosos	0.60
Otros.	4.0

Se observó un mayor porcentaje en volumen de trozos de concretos, así como partes de muro, seguido por las estructuras metálicas, además no se generaron grandes volúmenes de tierras como es el caso de las construcciones nuevas, es importante hacer mención que los componentes de los MROC depende del sistema constructivo utilizado.

4.3.4 Ampliaciones o remodelaciones de estructuras existentes.

Se le dio seguimiento a la modernización de la avenida Pasteur Sur de San Diego de los Padres a Luis Vega Monroy figura 4.38. Obra realizada por el Municipio de Querétaro a mediados del 2004.



Figura 4.38 Ubicación Av. Pasteur, Delegación Josefa Vergara, Querétaro

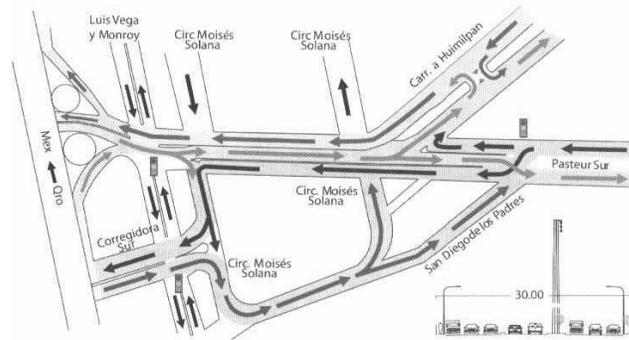


Figura 4.39 Proyecto de modernización. Av. Pasteur, Querétaro.

El proyecto considera la construcción con concreto hidráulico, de tres carriles en el sentido Sur-Norte, de la carretera Huimilpan hacia el centro de la ciudad; dos carriles en el sentido norte a sur; del centro de la ciudad a la Central de Abastos y tres carriles en contra flujo de sur a norte, así como la construcción de un colector pluvial de 1.22 de diámetro y una longitud aproximada de 754.94 metros. La obra total involucró el empleo de 16,367 m² de concreto hidráulico figura 4.33, se disminuyeron las dimensiones del camellón existente. Se realizó remoción de banquetas, tierras y área verde en el camellón, figuras 4.40 y 4.41.



Figura 4.40 *Ejecución de la Obra Av. Pasteur, Querétaro.*



Figura 4.41 *Selección de MROC, Av. Pasteur, Querétaro.*

La composición de los MROC generados por esta actividad es muy similar a las generadas en los procesos constructivos de estructuras nuevas, figuras 4.42 y 4.43, con la diferencia de que la producción de tierras de excavación es menor y dependiendo del tipo de reforma, en algunos casos podría ser nula. En el caso de las remodelaciones o ampliaciones, con base al proyecto a ejecutar se pueden realizar los cálculos necesarios para estimar los volúmenes y el tipo de MROC a generar, haciendo posible una planeación antes de iniciar la obra.



Figura 4.42 *Material sobrante obra Av. Pasteur, Querétaro*



Figura 4.43 *Remoción de tierras en Av. Pasteur, Querétaro.*

Con base en el análisis de los volúmenes obtenidos, se obtuvieron los siguientes porcentajes tabla 4.7.

Tabla 4.7 Porcentajes obtenidos de los componentes de MROC en una obra de ampliación o remodelación

TIPO DE MATERIAL	% generado
Suelos producto excavación	38.0
Concretos, banquetas.	48.7
Madera	1.0
Metales	2.0
Bituminosos	3.8
Plástico	0.3
Otros.	6.2

Entre el escombros resultante por esta actividad, generalmente destaca la composición de materiales pétreos recubiertos con cal, pintura, cemento, etc., siendo característica común el bajo nivel de aprovechamiento o recuperación de en el caso de estos materiales. La producción de tierras a diferencia de los datos encontrados en la bibliografía consultada, es mayor a lo considerado, pero se enfatiza que una remodelación o ampliación generalmente requiere de la demolición de una estructura existente y la ejecución de obra nueva.

En manera de conclusión se puede decir que dejando de lado las matizaciones referentes al proceso constructivo que de origen de los MROC; demolición, construcción o remodelación, los porcentajes mayoritarios en volumen, corresponden a concretos refractarios y suelos producto de excavación, como se señala en las tablas 4.8 y 4.9.

Tabla 4.8 Componentes principales de los MROC generados por la demolición de estructuras

Actividad	Objeto	Componentes principales	Observaciones
Demolición	Viviendas, Obras Públicas, y otras edificaciones	Ladrillo, plásticos en general, concreto, block, pavimentos, materiales cerámicos, productos bituminosos, vidrio, madera, hierro, acero, aluminio, y papel.	Los materiales dependen de la edad de la obra y el uso específico al que fue expuesto.

Tabla 4.9 Componentes principales de los MROC generados por la construcción de obra nueva.

Actividad	Objeto	Componentes principales	Observaciones
Construcción obras nuevas	Vivienda, Obras Públicas, y otras edificaciones.	Tierras, ladrillo, plásticos en general, concreto, block, roca, materiales cerámicos, materiales bituminosos, cal, yeso, vidrio, madera, hierro, acero, aluminio, y papel.	Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por inadecuada calidad, roturas por una mala manipulación o almacenamiento.

4.4 Componentes peligrosos en los productos de la construcción.

En base a los datos proporcionado por Instituto Mundial de la Salud (IMS), sobre los componentes peligrosos en los productos de la construcción, se presenta la tabla 4.10 como una síntesis de las características que hacen peligroso ciertos materiales para la salud humana.

Tabla 4.10 Componentes peligrosos en los productos de la construcción.

PRODUCTO /MATERIAL	COMPONENTES PELIGROSOS	CARACTERÍSTICAS
Aditivos	Hidrocarburos disolventes	Inflamables
Materiales impermeabilizantes	Disolventes, bitúmenes	Inflamables, tóxicos
Selladores	Disolventes, isocianatos	Inflamables, tóxicos, irritantes
Amianto	Fibra inhalable	Tóxica, cancerígeno.
Madera tratada	Cobre, arsénico, alquitrán, pesticidas, fungicidas	Tóxico, ecotóxico inflamable
Pinturas y recubrimientos	Plomo, cromo, vanadio, disolventes	Tóxico, inflamable
Sistemas de iluminación	Sodio, mercurio	Tóxico
Resinas / rellenos, precursores	Isocianatos	Tóxico, inflamable.
Aceites	Hidrocarburos	Tóxico, inflamable

Fuente: Instituto Mundial de la Salud. (2000)

Los materiales tóxicos contenidos en las estructuras de la construcción deben de ser eliminados de manera selectiva con la finalidad de que aseguren:

- una gestión adecuada,
- que no se conviertan en peligrosos, los residuos que en origen no lo son,
- que no intervengan de forma negativa en el proceso de reciclaje de otros productos.

4.5 Vida útil nominal de los componentes constructivos.

Se entiende por vida útil de un componente constructivo, al total de años durante los cuales su costo de mantenimiento no supera su costo de sustitución.

Con base a esta definición realizada por COPLAMAR²⁸, CONAFOVI establece a través de consultas realizadas a los productores; la vida útil nominal para los distintos grupos de materiales utilizados por los sistemas constructivos en nuestro país, sintetizados en la tabla 4.11 para muros y en la tabla 4.12 para techos.

El material de desecho considerado en este análisis son; bolsas de plásticos, costales, cajas de cartón, entre otros, utilizados en colonias marginales.

Tabla 4.11 *Vida útil nominal de los diferentes materiales utilizados para la construcción de muros.*

MUROS	
TIPO DE MATERIAL	Vida útil nominal (años)
Material de desecho	2
Lámina de cartón	2
Embarro y bajareque	5
Lámina de asbesto, lámina metálica	11
Carrizo, bambú y palma	15
Madera	15
Adobe	25
Tabique, ladrillo, block, piedra. Cantera, cemento y concreto	50

Fuente: Necesidades esenciales en México, (1983)²⁸

²⁸ Serie Necesidades Esenciales en México. Situación actual y perspectivas al año 2000; vida útil nominal de los materiales SIGLO XXI editores-COPLAMAR, vol.3. México, (1983).

Tabla 4.12 Vida útil nominal de los diferentes materiales utilizados para la construcción de techos.

TECHOS	
TIPO DE MATERIAL	Vida útil nominal (años)
Material de desecho	2
Lámina de cartón	2
Lámina de asbesto, lámina metálica	11
Palma, tejamanil y madera	15
Teja	30
Losa de concreto, tabique, ladrillo y terrado con vigería	50

Fuente: Necesidades esenciales en México, (1983)

CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS MROC.

5.1 Propuestas para la disminución, dentro de la misma obra, de los volúmenes producidos de MROC en un proceso constructivo.

Para un proyecto de bajo costo y alta efectividad; que lleve a la disminución de MROC, es imperativo un esfuerzo coordinado de planeación en la obra. En la industria de la construcción existe confusión entre los términos "planeación" y "programación". El proceso de programación para un proyecto de construcción es sólo una parte de la planeación. La programación del proyecto sirve como una base para relacionar diferentes funciones. Esas funciones incluyen: estimaciones, programación y control de proyecto, involucra el proceso de seleccionar el método para ordenar el trabajo que será desarrollado en un proyecto, así como la suma de varios métodos y secuencias posibles para una eficiente ejecución. Este proceso debe proveer información detallada para la estimación y la programación, así como una línea para el control de proyecto. La programación, es la determinación del tiempo, las actividades a ejecutar, y las secuencias de operación del proyecto, con la finalidad de establecer el tiempo de terminación final.

La planeación nos proporcionará un orden desde el diseño del proyecto, hasta la terminación de la obra; ya que se tienen contempladas cada una de las actividades que lo conforman, facilitando el análisis previo a la ejecución del proyecto. Se pueden establecer criterios que nos permitan tener una solución más eficiente, facilite la ejecución y la disminución de costos. Los criterios para seleccionar un sistema constructivo; deben ser un menor consumo de materia prima y la disminución de la producción de MROC en obra, estos criterios se derivan un objetivo principal: lograr un bajo costo de la obra y una menor impacto

ambiental; por medio de la aplicación de un método de selección, reciclaje de desperdicios en la misma obra generadora de éstos.

Al aplicar métodos estratégicos de reciclaje de MROC, durante el proceso de ejecución de una obra, podemos obtener los siguientes beneficios; la disminución: en el volumen total generado de MROC, en el porcentaje de consumo de materias primas; consecuentemente los gastos de transporte tanto de las materias primas, como de los MROC, que regularmente resulta costoso en obras de gran magnitud. La planeación de la obra es fundamental ya que desde el diseño se pueden establecer los espacios destinados para el acopio de residuos, el volumen y tipo de residuos a generar, además se puede establecer el momento en que se genera el residuo, y el tiempo en el cual puede ser reciclado en una actividad dentro de la misma obra, así como todas las medidas para evitar que los MROC se mezclen con otros residuos y se contaminen dificultando su separación y aumentando el costo para su reciclaje.

De acuerdo a lo anterior se proponen las siguientes medidas para los MROC generados en las diferentes actividades de una obra:

5.1.1 MROC, en los trabajos preliminares.

5.1.1.1 Demoliciones. Cuando por el tipo de proyecto se requiera realizar alguna demolición de estructuras anteriores, los MROC generados durante este proceso, materiales o elementos aprovechables, deberán de retirarse o desmontarse con especial cuidado para evitar daño o en su caso la contaminación con otro tipo de residuo, que impidan su empleo posterior.

5.1.1.2 Obras provisionales, almacén y oficinas. En el caso de existir construcciones anteriores, y que el proyecto así lo permita, se emplearán y

adecuarán estas zonas para este uso. Cuando el proyecto que se ejecute sea una obra mayor como en el caso de fraccionamientos; se deberán destinar áreas como centros de acopio de materiales nuevos, así como para los diferentes MROC generados durante el proceso de construcción, con la finalidad de separar y evitar la contaminación y mezcla de los materiales, además facilite el administrar y aprovechar en lo posible cada uno de los materiales.

5.1.1.3 Desmontes, desenraice y limpieza del terreno. Los materiales resultantes de ésta actividad, que puedan ser utilizables para otros fines, deberán ser retirados y enviados al área destinada para el acopio del material o en su caso a los contenedores propios para MROC. En el caso de árboles y plantas podrán retirarse y protegerse para su replantación al final del proyecto en áreas verdes o de esparcimiento.

5.1.1.4 Los suelos productos de excavación. La separación de suelos productos de excavación de acuerdo a sus características generales, facilita su posible aplicación en la misma obra; o en su caso, su posterior reciclaje, figuras 5.1 y 5.2.

Las tierras negras y capas vegetales, pueden ser utilizadas en las áreas destinadas a jardines, en el caso de fraccionamientos; para habilitar las áreas verdes o esparcimiento. El resto de los suelos obtenidos durante el proceso de excavación, pueden ser utilizados urbanísticamente con la finalidad de hacer volúmenes y para el diseño de zonas irregulares dentro de los espacios destinados a áreas verdes, figuras 5.3 y 5.4. Para el relleno de los patios de servicio, como relleno de rampas para discapacitados, entre otros.



Figura 5.1 *Habilitado de áreas verdes y de esparcimiento.*



Figura 5.2 *Habilitado de caminos dentro de las áreas de esparcimiento.*



Figura 5.3 *Utilización de suelos producto de excavación para generar volúmenes.*



Figura 5.4 *Utilización de rocas como decoración dentro de las áreas verdes.*

Se requiere de una clasificación adecuada de los materiales en el momento de realizar la excavación, para poderlos evaluar y considerar en otras actividades en la misma obra. En el caso de que el material evaluado no sea de utilidad en la obra; tendrá que ser separado y enviado al centro de gestión autorizado.

Los MROC productos de excavaciones, destinados para terraplenes o rellenos no podrán contener arcillas expansivas, materia orgánica, basuras, raíces, troncos ni otros materiales objetables, requiriendo siempre su evaluación o valoración antes de su aplicación en alguna actividad.

5.1.2 MROC, en la Cimentación

5.1.2.1 Excavación y relleno de zanjas para el desplante de estructura. Podrá utilizarse para el relleno; material proveniente de la misma excavación, previa valorización que garantice una resistencia adecuada y un mínimo asentamiento. El contratista deberá de seleccionar, transportar, almacenar y proteger los materiales aptos para rellenos, sub-base y base que se obtengan como resultado de las excavaciones.

5.1.2.2 Desplante de estructura. La piedra sobrante de mampostería ya sea de recorte o que no se haya utilizado; podrán servir como rocas ornamentales en las áreas verdes, al natural o pintadas de cal, así como para el diseño de jardineras; en lugar de muretes, para limitar o dividir un área de otra visualmente, este tipo de roca puede ser utilizada urbanísticamente en espacio abiertos en general, ver figuras 5.5 y 5.6. En el caso de rocas de grandes dimensiones producto de excavación, o que se encuentran en la zona, se pueden utilizar para generar fuentes, o jardineras, evitando su transporte o retiro, e incorporándolas al proyecto, figuras 5.7 y 5.8.



Figura 5.5 *Utilización ornamental de piedras sobrantes de cimentación.*



Figura 5.6 *Jardines y espacios abiertos ambientados urbanísticamente con piedras sobrantes de cimentación.*



Figura 5.7 *Jardinera central diseñada con rocas encontradas en la zona de ejecución del proyecto.*



Figura 5.8 *Fuente ubicada en un centro de esparcimiento realizado con rocas.*

En el caso de sobrantes de piedra de cimentación, también pueden ser utilizados para diseñar espacios de esparcimiento en las áreas comunes de fraccionamientos, en su caso en las áreas verdes del proyecto, como se muestra en la figura 5.9. Con la finalidad de lograr un proyecto integral a bajo costo, reutilizando en lo posible el material sobrante o no apto para cimentación.



Figura 5.9 *Área común y de esparcimiento, mobiliario diseñado en piedra.*

5.1.3 MROC, en los trabajos de Albañilería.

5.1.3.1 Muros de tabicón o bloque de cemento. Una actividad que representa una de las mayores pérdidas en un proyecto, es la ejecución de muros. Esta actividad involucra un control estricto sobre el material desde que es cuantificado, cuando es recibido en la obra, y finalmente ejecutado. Ya que en cada una de estas etapas, las pérdidas de material son significativas en los costos finales de la obra.

El manejo de este material requiere de cierto cuidado para no dañar las piezas, una revisión de la cantidad recibida en obra, y finalmente de una adecuada ejecución; lo que nos llevará idealmente a generar lo menos volúmenes de MROC posibles en esta actividad. De acuerdo a su composición este material podrá ser utilizado previa valoración; como material de relleno, en rampas, escalones, etc.

5.1.3.2 Aceros

En el caso de sobrantes de varilla, podrán ser utilizados para diseñar parrillas de acero; que tengan la finalidad que soportar el calentador. Como base para tanques de gas, además podrá utilizarse la malla electro-soldada con refuerzo de varilla con el mismo fin. Los sobrantes de los tramos de armex al igual que los sobrantes de varilla pueden ser utilizados para armar los castillos de los muretes donde se ubicarán la toma domiciliaria de CEA y CFE, figuras 5.10 y 5.11.

5.1.3.3 Concretos

Los trozos de concreto pueden ser utilizados según su tamaño en la misma obra para dar pendientes, como relleno de rampas, como material de relleno en escaleras. Como relleno en los espacios que por su pendiente así lo requieran.

En los casos de restos de mezcla de concreto, se recomienda que al final de la obra realizar un recorrido para cuantificar la cantidad de mezcla que no ha sido utilizada ya sea por un mal cálculo o por el vencimiento del horario de trabajo; con la finalidad de que sea recolectado y usado para producir pequeñas losetas de concreto, que podrían ser utilizadas en los accesos de las casas, o en las áreas verdes y de esparcimiento, figura 5.12.



Figura 5.10 Murete realizado con trozos de armex de acero.



Figura 5.11 Muretes de CEA y CFE, contruidos empleando trozos de varilla y diferentes residuos de concreto.



Figura 5.12 Aprovechamiento de los residuos de concreto, generados en las diferentes actividades ejecutadas en obra.

Los pequeños volúmenes de cemento fino, desperdiciado al aplicar aplanados, deberán ser recolectados para su reciclaje, en posteriores mezclas de concreto, o como agregado en concretos pobres.

Los cilindros producto de las pruebas realizadas a los diferentes tipos de concreto, podrán ser aprovechados para delimitar las áreas verdes o de esparcimiento dentro del mismo proyecto, como se muestra en las figuras 5.13, 5.14, 5.15 y 5.16.



Figura 5.13 Área verde delimitada con cilindros de concreto enterrados alrededor de la zona.



Figura 5.14 Cilindros de concreto colocados como límite entre las áreas verdes y un camino peatonal.



Figura 5.15 Jardinera delimitada por medio de cilindros de concreto.



Figura 5.16 Limite entre dos diferentes áreas por medio de cilindros de concretos.

5.1.3.4 Arenas y gravas.

Éste material es de fácil reciclaje, dentro de otras actividades de la misma obra; siempre y cuando se realice una separación adecuada de los MROC. Muchas arenas son desperdiciadas por su granulometría, pero pueden ser utilizados para realizar acabados aparentes en muro, para relleno; siempre y cuando las características de las arenas o gravas lo permitan. Las gravas pueden ser utilizadas en espacios de recreación, en acceso, en caminos, figuras 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 y 5.21.



Figura 5.17 Área de esparcimiento en donde se utilizó sobrantes de arenas y gravas.



Figura 5.18 Área de juegos infantiles diseñada con diferentes arenas y gravas.



Figura 5.19 Zona de equipamiento urbano, en donde se utilizaron diferentes tierras para la nivelación del terreno.



Figura 5.20 Vista general de la zona destinada como equipamiento urbano, habilitada con materiales reciclados.



Figura 5.21 Zona de recreación y área verde habilitado con materiales reciclados.

5.2 Propuestas para la disminución de la producción de MROC, en el proceso de demolición de obras completas.

Una condición necesaria para lograr un óptimo reciclaje de los MROC, es la aplicación de una separación selectiva durante el proceso de construcción y demolición. Los residuos de las nuevas construcciones y de restauraciones se deben seleccionar en el lugar de producción o bien en un lugar que por su cercanía al lugar de origen; facilite, y eficiente el tratamiento de éstos. La separación de las diversas categorías de materiales resulta en estos casos bastante simple.



Figura 5.22 *Ejemplo de una demolición tradicional.*

La clasificación de los residuos de construcción procedentes de la demolición es un proceso un poco más complicado. La demolición, hasta hace poco, se consideraba como un proceso poco técnico. La finalidad principal de los contratistas; eran una demolición rápida y el vertido sin costo del cascajo. No se realizaban medidas especiales para separar diferentes tipos de materiales; ya que eran incompatibles con la rapidez exigida para la culminación del trabajo.

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

Naturalmente, esto hace que el proceso selectivo de demolición sea más caro en comparación a los métodos tradicionales de demolición. Los ahorros económicos, sin embargo, aumentan si se tiene en cuenta que esto significa una mayor calidad de los materiales de demolición y elimina la necesidad de hacer la

selección en la planta de reciclaje. También se ahorran los costos de transporte y tasas de vertido.

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

1. Sacar los elementos y las molduras no fijas. (Separando plásticos, madera, vidrio, yeso o prefabricados)
2. Desmantelar las puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad y calefacción, etc.
3. Demolición de la estructura del edificio.

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

Después de la demolición y la separación, los materiales pueden trasladarse del sitio. Los materiales aptos para reciclaje pueden ser vendidos directamente en el lugar o llevados a plantas de reciclaje, donde son cuidadosamente clasificados y triturados.

5.3 Propuestas para la disminución de contaminación del entorno durante el proceso de construcción.

El material de construcción específicamente, suelos, concreto o mortero en exceso pueden ser dispersados por el viento o arrastrados por el agua hasta las alcantarillas del drenaje pluvial. Motivo por el cual se debe considerar algunas medidas que ayuden a prevenir la contaminación del agua y del medio en el que se ejecuta la obra. Se sugieren las siguientes recomendaciones:

a. Antes del Proyecto.

- Al programar los proyectos se debe considerar el clima que se va a tener durante la ejecución de la obra.

- Se debe mantener el material de construcción cubierto bajo techos temporales o con plásticos, para eliminar o reducir la posibilidad de que pueda ser arrastrado por la lluvia, corrientes de agua y viento desde el sitio de construcción hasta las calles, alcantarillas del drenaje pluvial o propiedades adyacentes.

- Se debe minimizar los volúmenes de desperdicio, al ordenar sólo la cantidad de material que se necesita para la ejecución de los trabajos, así como planes de trabajo que consideren la disminución de consumo de materias primas.

- Se deben tomar las medidas necesarias para no bloquear las alcantarillas del drenaje pluvial cercanas, cuando se realicen colados, o se maneje el material a cielo abierto.

b. Durante el Proyecto.

- Coloque y opere las mezcladoras pequeñas sobre lonas u otro material grueso, con la finalidad de evitar que el material se riegue y facilitando su recolección.

- No mezcle más concreto o cemento fresco del que necesita para el trabajo, en el caso de que la cantidad sea mayor a la necesaria, utilice el excedente dentro del mismo proyecto en otra actividad donde pueda ser usado de forma inmediata.

- Cuando se requiera romper concreto, se deberá recoger todos los pedazos y de preferencia, deberán ser reciclados en la misma obra o separados para que sean sometidos a un método de reciclaje.

c. Limpieza.

- Se debe reutilizar las partículas pequeñas de concreto seco, lechada o mortero, o en su caso recolectados y almacenados para su posterior reciclaje.

- No hacer uso de la manguera para empujar hacia la calle o el drenaje pluvial los desechos de concreto, asfalto o similares, recopilarlos para su reciclaje.

- Determinar áreas para la limpieza de equipo como lo son las mezcladoras de concreto con la finalidad de que al tirar agua de desecho, esta pueda fluir a un área de contención o donde haya tierra.

5.4 Propuesta de un proceso de gestión integral de los MROC, para la ciudad de Querétaro.

La implantación de un proceso de gestión de MROC para la ciudad de Querétaro, surge principalmente de la necesidad de ponderar la sustentabilidad de los procesos constructivos. La cantidad de MROC generados en dichos procesos y sus componentes, alcanzan una similitud con los producidos en los países europeos, esta comparación debería incentivar la consideración para la implantación de un proceso de gestión similar en nuestra ciudad, figura 5.23.

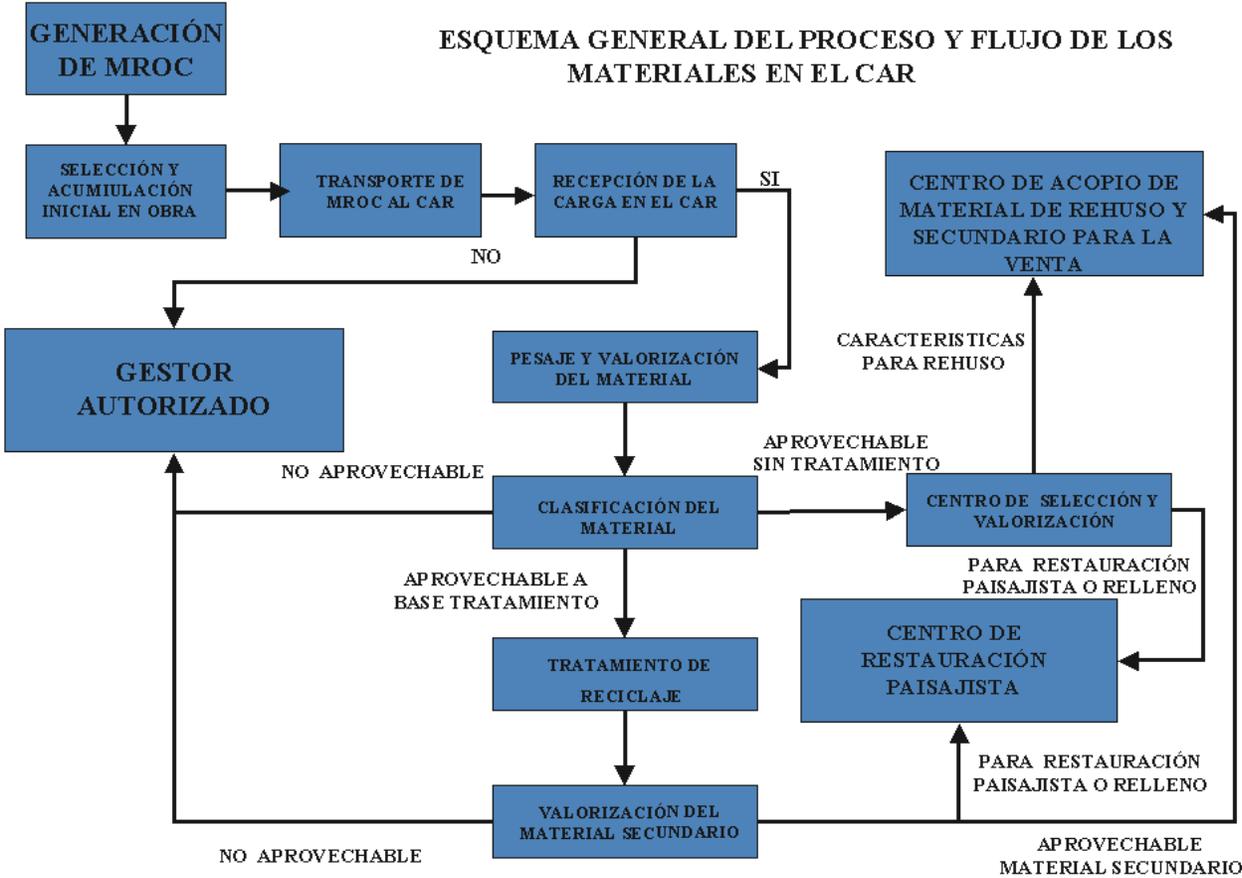


Figura 5.23 Propuesta de esquema general del proceso de flujo de materiales en el Centro de Acopio y reciclaje de MROC.

La propuesta de un esquema general de proceso y flujo de materiales del *Centro de Acopio y Reciclaje (CAR)* de los MROC se muestra en la figura 5.23.

5.4.1 Objetivos tecnológicos del proceso de gestión de MROC.

Los objetivos tecnológicos para la implantación de un proceso de gestión de MROC, son descritos a continuación:

- Desarrollar, implementar y mejorar continuamente la tecnología de procesado de los MROC, procurando la optimización de los parámetros del proceso.
- Adaptar las mejores tecnologías disponibles a la gestión de los MROC.
- Desarrollar una tecnología de valorización, adaptada al procesamiento de los diferentes tipos de MROC generados y dimensionar con capacidad nominal para el procesado del volumen total de residuos de construcción y demolición generado en el conjunto en la ciudad de Querétaro.
- Investigar, documentar y posteriormente implementar, en el ramo industrial, la tecnología y procedimientos de operación encaminados a valorizar los residuos de cola, incluyendo el estudio de nuevas aplicaciones.

5.4.2 Objetivos medioambientales del proceso de gestión de MROC.

Para la implantación de un proceso de gestión de MROC, en la ciudad de Querétaro, se contemplaron los siguientes objetivos medioambientales:

- Tratamiento, reciclaje y posterior reutilización de un material susceptible de ser valorizado, cuyo destino actual son los vertederos clandestinos.

- Implementación de un sistema de recolección controlada para una correcta gestión ambiental de al menos 90% de los MROC generados en la ciudad de Querétaro.

5.4.3 Objetivos sociales del proceso de gestión de MROC.

Se consideraron los siguientes objetivos sociales para la implantación de un proceso de gestión de MROC, en la ciudad de Querétaro:

- Crear la infraestructura de tratamiento y reciclaje que posibilite un destino medioambiental más correcto para los MROC que los bancos de tiro o los vertederos clandestinos.
- Minimizar del impacto ambiental global del sector de la construcción por medio de la aplicación de métodos de reciclaje y reuso de los MROC.
- Generar nuevas fuentes de trabajo, con motivo de la implantación de un Centro de Acopio y Reciclaje (CAR) de MROC, para la ciudad de Querétaro.

5.4.4 Objetivos económicos del proceso de gestión de MROC.

Se establecieron los siguientes objetivos económicos para la implantación del proceso de gestión de MROC, para la ciudad:

- Rentabilizar una actividad económica basada en la transformación de lo que actualmente es un residuo.
- Comercializar un producto reciclado de calidad, normalizado en sus características técnicas y con aplicaciones específicas para una segunda utilización.
- Desarrollar una tecnología de tratamiento y reciclaje adaptada a los MROC generados por la ciudad de Querétaro.

5.4.5 Objetivos legales del proceso de gestión de MROC.

Y finalmente, se establecieron los siguientes objetivos legales:

- Creación de leyes aplicables al proceso y flujo de los MROC.
- Programa de identificación y actualización de las áreas degradadas (canteras, minas, etc.) susceptibles de ser restauradas mediante el uso de MROC, dentro de la ciudad.
- Generar un registro que permitan la elaboración de un sistema estadístico de generación de datos y un sistema de información de MROC, para la creación de un Inventario Nacional de Residuos de la Industria de la Construcción.

5.4.6 Centro de Acopio y Reciclaje, CAR, de MROC.

Centro autorizado para la gestión de MROC, instalaciones que están destinadas a recuperar como materia prima o material de segundo uso, los MROC recibidos en los mismos. Se proporciona un valor añadido a la fracción aprovechable de los escombros convirtiéndolos, a través de la clasificación y procesado, en un producto que pueda ser reingresado al mercado o a su vida útil.

5.4.7 Equipamiento Básico para el establecimiento del CAR.

De acuerdo con las necesidades e infraestructura específica requerida por el tipo de maquinaria y proceso elegido, estas instalaciones deberán ubicarse en lugares bien comunicados y deberán de disponer de espacio suficiente para la recepción y clasificación de los escombros recibidos, así como el equipo para su óptima gestión.

Se consideran básicamente:

- Bandas transportadoras,
- Tolvas o camiones,
- Cargadores Bob-Cat,
- Montacargas,
- Prensas y básculas,
- Remolques,
- Contenedores metálicos móviles.
- Transporte interno.

En el predio donde se instale debe estar delimitado por una barda perimetral cerrada, con un área de control y recepción que debe ubicarse en el acceso al sitio, espacio donde se aceptará o rechazará la carga antes de ser admitida en las instalaciones.

La finalidad de la implantación de estas instalaciones es la selección, valorización y reciclaje de MROC, para reducir la cantidad de residuos que se vierten incontroladamente en lugares inadecuados, además de establecer vertederos controlados para el vertido de material con características para relleno.

5.4.8 Plantas de tratamiento de áridos.

Las plantas de reciclaje de áridos están formadas básicamente por los mismos elementos que las instalaciones que producen estos naturalmente, incorporando el tratamiento para materiales de origen diverso, equipo conformado por: machacadoras, cribas, mecanismos transportadores, equipos de eliminación de contaminantes y electroimanes para la separación del acero.

Estas plantas se pueden clasificar de la siguiente forma:

1. Plantas de 1ª generación que carecen de elementos que pueden eliminar otros contaminantes como el acero, figura 5.24



Figura 5.24 *Planta de reciclado de áridos.*

2. Plantas de 2ª generación, basadas en el mismo esquema anterior adicionando sistemas mecánicos o manuales de eliminación de contaminantes previos al machaqueo, limpieza y clasificación del producto machacado, por vía seca o húmeda.
3. Plantas de 3ª generación, dirigidas a una reutilización integral de materiales secundarios, considerados como contaminantes de los áridos regenerados.

Estas plantas tienen otra clasificación por su movilidad, dividiéndose en: plantas fijas, plantas móviles o semi-móviles.

Es conveniente citar la declaración de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) con relación a la operación de estas plantas: “La aparente simplicidad del método no debe considerarse como olvido de la necesidad de continuas y competentes medidas de ingeniería de planificación y control. Por el contrario, la falta de esta ingeniería de planificación, origina casi

siempre inconvenientes en el proceso, y se traduce también en serios perjuicios para los recursos de la comunidad”.

5.5. Propuesta de proceso de gestión interna.

5.5.1 Selección y acumulación inicial.

Como regla general, los MROC se depositarán en el interior del terreno donde se ejecuta la obra, demolición o ampliación, para su posterior recolección, se podrá utilizar el sistema que se considere adecuado en función al volumen de MROC que se van a generar. En países europeos se utilizan contenedores con capacidades que van desde 3, 5 y hasta 15 metros cúbicos, figura 5.25, que son similares, en características, a los contenedores actuales para basura domestica y pueden ser móviles.



Figura 5.25 Contenedor de MROC capacidad de 3 y 9 metros cúbicos, utilizado en países Europeos.

5.5.2 Transporte de los MROC al CAR.

A partir del momento en que se realice la entrega de los MROC a la empresa responsable de realizar el transporte, la propiedad del escombros corresponderá al transportista. El transporte y retiro de los escombros deberá

realizarse cubriendo la carga, de forma que impida el esparcimiento de los materiales o polvo durante su manipulación.

El transportista debe entregar la carga al CAR de MROC autorizado, donde realizará el vertido por medio de la inspección por parte de los responsables de las instalaciones. Luego de esto obtendrá un comprobante por la cantidad vertida.

En la actualidad existe una gran diversidad de medios que podrían realizar el traslado de estos residuos, siendo en todo caso terrestre. Una clasificación general podría ser:

Camiones de gran tonelaje.

Comprende a los vehículos con posibilidad de cargar un peso mayor a 10 toneladas. Suelen emplearse en obras de gran magnitud como derribos, movimientos de tierras, etc., figura 5.26.

Camiones de tonelaje medio.

Se consideran como tales los vehículos que pueden cargar más de 3 toneladas pero menos de 10. Estos vehículos pueden utilizar contenedores o volquetes.



Figura 5.26 Camión de gran tonelaje para el transporte de MROC al CAR

Contenedores.

Son de metal, con estructura y dimensiones adecuadas al transporte de escombros. En nuestro país este tipo de contenedores no es usual, como lo son en Europa y Brasil. Es la solución más ampliamente adoptada por los generadores de pequeña y mediana magnitud, pueden ser móviles o estáticos.

5.5.3 Pesaje y valorización del material.

A su llegada al acceso principal de la planta, los vehículos que realizan el transporte de material a la planta, así como los que salen de la misma con subproductos, son sometidos a control en la zona de recepción.

En una primera fase, se procede a inspeccionar visualmente el material, con la finalidad de comprobar que los MROC pueden ser gestionados en las instalaciones, que se encuentren libres de elementos no deseados y que su gestión no alterará el buen funcionamiento del CAR. Si son materiales autorizados para su gestión se procede a su pesaje e ingreso a las instalaciones. En el caso

de ser materiales no autorizados para su gestión se negará el acceso a las instalaciones, y se le indicará al transportista la ubicación del Gestor Autorizado.

5.5.4 Clasificación del material.

En esta etapa, después de su ingreso, se realiza una rápida selección y separación de residuos en cuatro grupos:

- a. Materiales aprovechables sin tratamiento o reutilizables. Constituidos fundamentalmente por piezas de acero estructural, elementos de madera en buen estado, materiales refractarios, materiales cerámicos y tierras de excavación.
- b. Materiales aprovechables a partir de un tratamiento de reciclaje. Constituidos por metales férreos y no férreos, plásticos, vidrio, concretos, materiales refractarios, materiales cerámicos.
- c. Materiales no aptos de reciclaje pero con características para relleno o útiles para la restauración del paisaje. La mezcla de residuos de demolición no seleccionados pero libres de materiales contaminantes pueden ser directamente utilizados como material de relleno.
- d. Restos no aprovechables o peligrosos.

En el caso de que sea material que no necesite tratamiento, por ejemplo suelos producto de excavación, acero, vidrio, plásticos, madera, etc., serán enviadas al Centro de selección y valorización.

Por su parte, los materiales no aprovechables o peligrosos serán enviados con el gestor autorizado para su proceso, en los demás casos se procede al vaciado en la plataforma de recepción o descarga para su tratamiento de reciclaje.

En dicho proceso se contemplará como mínimo los siguientes aspectos básicos:

MROC no inertes.

Algunos materiales pueden ser inertes o relativamente no peligrosos in situ, pero pueden convertirse en peligrosos o no inertes dependiendo del método de eliminación. Por ejemplo algunas maderas tratadas o recubiertas pueden dar lugar a emisiones tóxicas cuando se queman. La madera no tratada, perfectamente adecuada para ser incinerada en el caso de que no pueda ser reutilizada, debe ser eliminada de la fracción inerte debido a que su presencia en el material granulado triturado devalúa el valor de este material secundario, lo mismo sucede con los residuos plásticos y textiles que abundan en la mayoría de los residuos de la demolición.

Un caso similar es el del yeso, que puede dar origen a sulfuro de hidrógeno, cuando es vertido. También baja la calidad de los áridos de construcción si se presenta en cantidades excesivas.

Otro material y producto cuya separación selectiva se justifica en función del valor económico que pueden presentar, son los paneles de madera, puertas, marcos de madera, restos de aluminio, restos de canceles, plásticos, cartón, etc.

MROC inerte.

La justificación principal para la separación selectiva de materiales inertes contenidos en los MROC, debe de pasar por el proceso de machaqueo, los materiales tales como ladrillos y tejas presentan una demanda considerable por la factibilidad de reciclaje para la producción de nuevos refractarios.

Los MROC inertes se pueden clasificar como se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.1 *Clasificación de residuos inertes componentes de los MROC.*

Residuos inertes	
Piedras y suelos naturales	Piedras volcánicas, pizarras, arcilla, mármoles, granitos, basalto y calcáreas.
Productos manufacturados en obra	Cal, silicato de calcio, hormigón ordinario, piedra artificial, morteros, aglomerados hidráulicos, materiales refractarios

5.5.5 Centro de selección y valorización de material de reuso.

En esta etapa no se someten los materiales a un proceso de reciclado, sino de acuerdo a sus características físicas y mecánicas, pueden destinarse nuevamente a ser usados. Algunos de los materiales como los metales, el vidrio, cartón y la madera se pueden separar para su venta o su reutilización.

En esta etapa se debe seleccionar el material que tenga propiedades suficientes para su reuso, apartándolo del material que no tiene ninguna de estas

características, pero es óptimo como material de relleno, por ejemplo; las suelos producto de excavación, figura 5.27, y son enviados al Centro de Restauración Paisajista, CRP, o vertedero controlado.



Figura 5.27 *Suelos producto de excavación.*

El reuso no solamente tiene ventajas medioambientales, sino que también presenta ventajas económicas. Los elementos constructivos valorados en función del peso de los residuos originados tienen un valor bajo. Pero, si sufren pequeñas transformaciones, pueden ser regenerados o reutilizados directamente y su valor económico es muy alto. Es el caso del valor de la madera de una puerta en comparación con el valor de la propia puerta. En este sentido, la reutilización es una forma de minimizar los residuos originados, de forma menos compleja y costosa que el reciclaje.

La reutilización de los elementos de construcción del edificio, o incluso del edificio completo, es una posible alternativa. En lo referente a los edificios, es posible considerar las diferentes tipologías de edificios desmontables, como por ejemplo los pabellones para exposiciones temporales. En lo referente a los elementos y productos de construcción contemporánea, es necesario destacar que algunos de ellos son fácilmente reutilizables en otras construcciones.

La lista de estos materiales puede ser extensa y variada, dependiendo sobre todo de las características de la construcción y el sistema constructivo se consideran en la tabla 5.2 los elementos de más fácilmente extracción para su reutilización.

Tabla 5.2 Elementos de la construcción considerados de fácil extracción para su reutilización.

Elementos de fácil reutilización	
Estructura	Vigas y pilares de acero. Elementos prefabricados de hormigón.
Fachada	Puertas, marcos de puertas y ventanas, protecciones metálicas de aluminio, revestimientos de piedra, revestimientos de paneles ligeros, elementos prefabricados, paneles plásticos.
Cubiertas o techos	Tejas, soleras prefabricadas, estructuras ligeras de soporte, tableros y placas.
Interior	Puertas, marcos de puertas y ventanas, barandales, revestimientos de material refractario, elementos de decoración, perfiles y piezas de acabados y mobiliarios en baños y cocinas, cableados y tubería superficial, instalaciones.

5.5.6 Tratamiento de reciclaje de MROC.

Es una técnica que consiste en la transformación física o química de los materiales contenidos en los MROC, de tal forma que puedan ingresar de nuevo al ciclo de producción como materia prima; teóricamente todo material es reciclable, pero en la práctica solamente se tiene en cuenta aquellos que justifiquen económicamente la inversión realizada y los costos de operación.

En una plataforma de descarga se realiza una primera selección de los materiales más voluminosos y pesados. Así mismo, mediante una cizalla, los materiales más voluminosos, son trozados, a la vez que se separan las posibles incrustaciones férricas o de otro tipo.

De igual manera son separados los residuos de carácter orgánico y los considerados tóxicos y peligrosos, siendo incorporados a los circuitos de gestión específicos para tales tipos de residuos.

Una vez realizada la preselección manual, en la que se retiran los restos de mayor tamaño de metal, madera, cristal, etc., se trasladan hasta el trómel de clasificación en la cual se lleva a cabo una doble separación. Una primera separación mecánica, que puede incorporar varios tipos de cernidores (trómel, vibradoras, cernedora a disco y otras) para sacar las rocas y la tierra del resto de los materiales. La madera se puede separar de los demás materiales más pesados por medio de procesos que usan el peso específico del material, separación neumática o hidráulica, como base para la segregación. La incorporación de la separación con base en la densidad de los materiales, dentro de los procesos mecanizados, constituye uno de los métodos que incrementan el rendimiento y la cantidad del producto final; al mismo tiempo, la planta puede recibir residuos contaminados y gestionarlos.

Un sistema para procesar MROC contaminados generalmente está diseñado para recuperar varias clases de materiales incluyendo tierra y combustible sólido.

Las operaciones clave son: la trituración, el cernido y la separación por flotación. La flotación se usa para concentrar la madera en el flujo de materiales, para su posterior uso o reciclaje, figura 5.28. El cernido grueso y las otras fases del cernido se pueden efectuar por un trómel fijo o móvil, figura 5.29, un cernidor de discos, un cernidor plano o uno de barras, dependiendo de las características de los residuos y las especificaciones deseadas para los materiales que se van a recuperar.

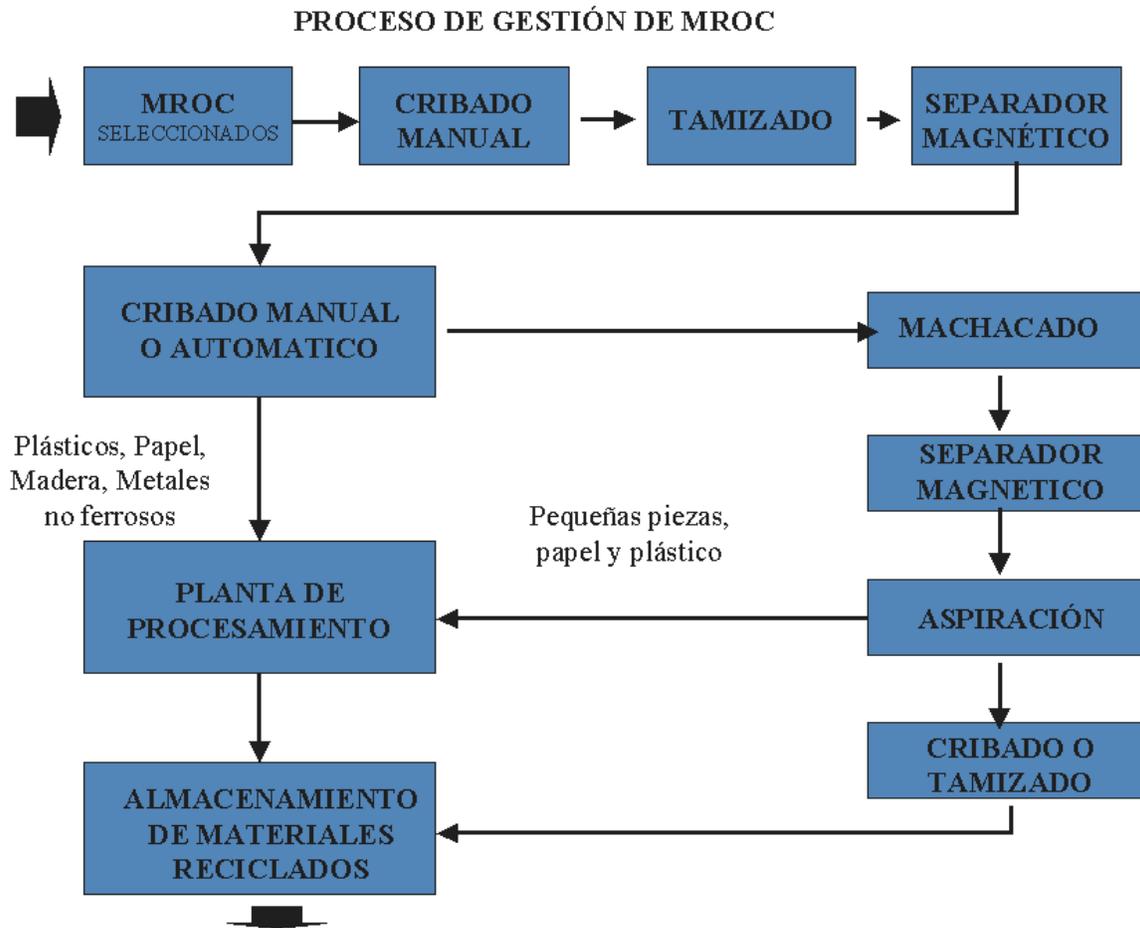


Figura 5.28 Propuesta de un proceso de gestión y tratamiento de MROC.



Figura 5.29 Trómel móvil de clasificación; Cartón, elementos metálicos, finos, tierras y bloques para su machacado.

Para este fin se pueden utilizar varios tipos de equipos para la trituración, ejemplo molinos con martillos, machacadora móvil de mandíbulas, figuras 5.30 y 5.31, y la separación con base a la densidad de los materiales dependiendo de la aplicación especificada. Después del proceso, una cantidad aún considerable permanece como residuo que necesita algún tipo de descarte final.



Figura 5.30 Machacadora móvil de mandíbulas para la obtención de árido reciclado.



Figura 5.31 Molino móvil triturador para la obtención de áridos reciclado.

El material no clasificado se incorpora en la línea de selección manual. Los elementos no separados en esta línea constituyen el material de rechazo, el cual se incorpora a un vertedero controlado.

Todos los materiales seleccionados o subproductos del proceso anterior son recogidos en contenedores y enviados al Centro de Acopio de Material de Reuso (CAMR) y secundario para una posterior venta.

El proceso de valorización y reciclado debe concordar con la tecnología escogida, el tipo de instalación proyectada y el flujo de transformación implantado.

5.5.7 Valorización del material secundario.

En esta etapa se valoriza la calidad obtenida del material reciclado o secundario para determinar si tiene características para ser enviado al Centro de Restauración Paisajista (CRP), o en caso de ser de buena calidad, se procede a enviarlo al CAMR para su posterior venta.

Materiales inertes.

En el caso de tratamiento y reciclaje de agregados, la grava y la arena, reducen la necesidad de explotar canteras y extraer minerales. Ambos procesos producen sus propios impactos ambientales, aunado al generado dentro de un proceso constructivo, hace relevante ambientalmente el poder reciclar en lo mayor posible los MROC producidos, figura 5.32.



Figura 5.32 *Áridos reciclados*

El vidrio.

El vidrio es un material que, en los últimos años, ha tenido un desarrollo tecnológico intenso. Se han modificado sus características físicas y químicas tradicionales para alcanzar unas prestaciones que hasta hace poco eran inimaginables. Actualmente existen vidrios con altas propiedades de aislamiento térmico, que soportan esfuerzos mecánicos, etc.

Los residuos de vidrio se pueden reciclar por fusión simple. Estos residuos son en gran parte reciclados en la propia industria del vidrio. No es aconsejable el vertido en el vertedero, ni su utilización en rellenos.

Plástico.

La estabilidad química que presentan los materiales plásticos, es una garantía de durabilidad, pero no facilita la degradación natural de los residuos de los materiales usados; por lo tanto, es necesario reciclarlos. Pero si los residuos están contaminados por impurezas exteriores que los hayan degradado son difícilmente reciclables.

En función de su estructura los plásticos se pueden clasificar en termoplásticos y los termoendurecibles. La característica esencial de los primeros es que pueden ser transformados por medio del calor, su viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura, y así son más fácilmente reciclables. Por el contrario, en los termoendurecibles, el aumento de temperatura no provoca reblandecimiento, no se pueden fundir y tampoco son solubles. En la construcción, las espumas de poliuretano, los compuestos a base de poliéster o de resinas fenólicas y las epoxicas pertenecen a esta familia. Son materiales difícilmente reciclables, pero siempre existe la alternativa de fraccionarlos en partículas de pequeñas dimensiones o hasta el punto de formar pequeños filamentos y dar un uso alternativo como relleno de empaques.

En la práctica solamente se recicla una pequeña parte de los residuos plásticos. Otros materiales plásticos que se utilizan en la construcción son los que sirven de embalaje de los productos que llegan a la obra. Estos residuos están poco degradados y pueden ser reciclados fácilmente.

Los principales plásticos utilizados son:

- PVC

La estabilidad térmica del PVC es limitada. Con el calor pierde ácido clorhídrico y se degrada rápidamente. También en el proceso de incineración se libera un derivado clorhídrico tóxico al aire.

En general, el PVC que procede de la construcción no se recicla. La principal aplicación del PVC recuperado consiste en los revestimientos de suelos para la industria o garajes y como protección del cableado eléctrico, en las tuberías de saneamiento.

- Polipropileno.

Puede soportar diversos reciclajes, pero la diversidad de formulaciones, cargas, aditivos, y fibras que lleva no permite asegurar el nivel de homogeneidad constante. En construcción se utiliza sobre todo en los tubos de suelos radiantes, se puede reutilizar en la industria del automóvil: parachoques, protección de ruedas, etc.

- Polietileno.

Se utiliza en forma de láminas para vapor, como láminas impermeables en soleras y en cubiertas. En la versión reticulada, se utiliza para fabricar tubos de conducción de agua caliente, pero la baja calidad de los polietilenos utilizados hasta ahora no hace aconsejable la reutilización, sobre todo si han sido sometidos a efectos de degradación térmica o luminosa.

- Poliestirenos (expandido y extruido).

Su estructura permite reciclarlo sin ningún problema. Se puede transformar en granulados, que son expandidos con un agente inflante. Como material de aislamiento no pierde las prestaciones que tenía originalmente. La principal aplicación de los poliestirenos reciclados en la construcción consiste en la fabricación de productos formados con la adición de hormigón (losas de hormigón ligero) y como casetones de poliestireno expandido reciclado para techos.

- Poliuretano.

Las espumas de poliuretano son termoendurecibles y, por lo tanto, de difícil reciclaje. Hay experiencias de reciclaje utilizando una mezcla de componentes vírgenes y recuperados al 50%.

5.5.8 Centro de Restauración Paisajista (CRP).

El Centro de restauración paisajista es un lugar destinado a enterrar todos los MROC no aptos para reuso o reciclaje, pero que cuentan con las características necesarias para ser utilizados como relleno de bancos de tiro o minas. Que por medio de métodos adecuados de control y las técnicas necesarias permitan regresar al suelo este material, y la recuperación de estos espacios como áreas verdes o recreativas.

Para la ubicación de esta instalación se puede considerar en primer término a una antigua cantera o mina, ya explotada, figura 5.33., con una localización estratégica que permita dar servicio a la mayoría de los principales núcleos de crecimiento de la ciudad.



Figura 5.33 *Recuperación paisajista de una antigua cantera..*

5.5.9 Centro de Acopio de Material de Reuso (CAMR) y secundario.

Esta zona debe tener habilitado un espacio adecuado para la tenencia o almacenamiento de los productos ya procesados, materiales secundarios. Debe disponer de las instalaciones de una distribución en planta; que en ningún caso permita mezclar los productos procesados con los materiales que estén en esta misma zona pero clasificados para reuso.

5.6 Campos de aplicación de los materiales reciclados.

Actualmente el mercado de los materiales secundarios o reciclados se encuentra en proceso de aceptación e incorporación en los procesos constructivos de nuestro país. En los países europeos, el reciclaje es una parte esencial en la planificación y ejecución de proyectos, además, el mercado para los materiales reciclados ha encontrado formas muy diversas y todas viables de aplicación.

Tras haber sometido a los MROC a los procesos correspondientes de reciclaje obtenemos un material secundario que podrá estar destinado a los siguientes usos:

- Como material de relleno, para la mejora de suelos y mezclas drenantes.
- Bases y sub-bases de carreteras y vías de comunicación.
- Rellenos urbanos, zanjas, desniveles, terrenos erosionados.
- Muros compactados.
- Bases o sub-bases ligadas hidráulicamente.
- Pistas forestales y caminos rurales.
- Contrarrestar la erosión natural de las áreas verdes de la ciudad.

Otras posibles alternativas de reciclado son:

- El reciclado directo como polvo de cantera o granulados ligeros para revocar.
- Los residuos puros pueden ser utilizados en rellenos de carreteras, figura 5.34.
- Se encuentra en estudio la posibilidad de calcinar los residuos a más de 800° Celsius de temperatura para reemplazar parcialmente el cemento en el proceso de fabricación. Esta alternativa parece que mejora la resistencia a la compresión del producto.

Podemos decir que las soluciones técnicas de reciclaje de los MROC; son posibles, variadas y que algunas ya son utilizadas en países Europeos, pero que un reciclaje generalizado solamente será posible cuando la rentabilidad económica sea superior a la alternativa de la disposición en el vertedero.



Figura 5.34 *MROC reciclados por medio del método de trituración, utilizado como sub-base en carreteras.*

5.7 Propuesta de programa de formación y educación ambiental sobre la gestión de MROC.

Una etapa muy importante para poder lograr gestionar los MROC en un Centro de Acopio y Reciclaje, es mediante la participación de todos los sectores de la población en este proceso. La implementación de un programa de formación y educación ambiental con la finalidad de la sensibilización de la población sobre el tema, es uno de los métodos más viables para lograr su cumplimiento.

Se recomienda como los objetivos principales de un Plan de Formación y Educación Ambiental sobre la gestión de MROC en la ciudad de Querétaro:

- Informar sobre la existencia y disponibilidad de instalaciones que permiten realizar una correcta gestión de los escombros.
- Concientizar sobre la necesidad de realizar una adecuada gestión de escombros que permita la regeneración de espacios degradados por actividades propias de la explotación de bancos de materiales.

- Sensibilizar a los distintas instancias políticas, que tiene el poder de decisión en la planificación, y ejecución de una obra; que la construcción y la demolición son complementarias y forman parte de todo un ciclo en donde la variable impacto ambiental es participe.
- Informar sobre los requerimientos administrativos existentes para la adecuada gestión de escombros, así como de las responsabilidades de productores, poseedores y gestores.
- Poner de manifiesto las posibilidades de creación de nuevas empresas especializadas en la recolección y gestión de MROC, basadas en una nueva actividad económica y con un potencial generador de empleo significativo.
- Solicitar a al Gobierno Estatal y Municipal, la colaboración urgente en una normativa específica para la gestión de MROC.
- Potenciar las actividades de formación de agentes participantes mediante un conjunto de acciones estratégicas encaminadas a la implementación de los criterios de sustentabilidad de la construcción:
- El desarrollo de la calidad técnica y ambiental en cada una de las actividades que involucra el proceso constructivo.
- Incentivar la participación de los productores de MROC en este nuevo proceso, principalmente empresas constructoras privadas.

- Facilitar al público en general la participación y solicitud de materiales generados en CAR para que asesorados debidamente puedan utilizar en las aplicaciones particulares material de este centro.

El plan debe estar enfocado a:

- Empresarios y trabajadores del sector de la construcción.
- Colegios de Ingenieros Civiles y Arquitectos.
- Particulares que ejecutan pequeñas obras de modificación o reforma domiciliaria.
- Propietarios de terrenos afectados por vertidos incontrolados de MROC.
- Sindicatos, asociaciones ecologistas y ambientalistas.
- Trabajadores de las empresas dedicadas a la gestión de escombros, transportistas, operarios de la maquinaria y vigilantes de centros de acopio y recolección de MROC.
- Gestores municipales implicados o relacionados con cuestiones ambientales.

5.8 Ventajas y desventajas de la instalación de un centro de gestión de MROC.

Varios factores impactan en la viabilidad del procesamiento y reciclaje de los MROC, ver tabla 5.3. Algunos de los más importantes incluyen:

a) La Legislación. El equipamiento para el manejo de los residuos en general depende de los reglamentos y leyes vigentes en el país, Estado y Municipio y del grado de cumplimiento de los mismos; en la ciudad de Querétaro no ha sido óptimo. Se debe iniciar con la revisión de los lineamientos aplicables a la gestión de MROC y adecuarlos a las necesidades y características actuales.

b) Mercados para los materiales reciclados. La existencia de mercados accesibles a los procesadores de MROC es importante para el desarrollo y el crecimiento de este nuevo sector. También es importante que los mercados conozcan la calidad de los materiales recuperados de los MROC.

c) Costo de alternativas para el manejo de los residuos. El costo de las alternativas y los costos de gestión final adquieren gran importancia en la factibilidad de aplicar procesos de reciclaje de MROC. De acuerdo a las leyes estatales vigentes, es función del sector público controlar la contaminación, pero cualquier actividad realizada para el control y disminución de volúmenes de MROC generados dentro del mismo sector, traerá beneficios económicos para éste, y beneficios ambientales en el ámbito local y mundial.

d) Costo de las instalaciones. El costo de las instalaciones para la gestión de MROC está ligado a la factibilidad del proceso de reciclaje. Generalmente sólo se implementan los procesos que son competitivos en términos de inversión de capital y costo de explotación y mantenimiento.

Sin duda, las ventajas expuestas ofrecen un beneficio que justifica la inversión económica y ambiental, independientemente de que es una obra de interés público y que debe estar promovida y operada por el gobierno Estatal.

Tabla 5.3 Análisis de Ventajas y desventajas de la instalación de un Centro de Acopio y Reciclaje de MROC.

CENTRO DE ACOPIO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Reciclaje por medio de la instalación de un centro de acopio y reciclaje de MROC</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Crear un nuevo mercado. - Disminuye el consumo de recursos naturales renovables y no renovables. - Menor impacto ambiental. - Menor impacto visual. - Se puede controlar lo vertido en bancos de tiro. - Recuperación del suelo explotado. - Eliminación de los vertederos clandestinos. - Generación de una nueva fuente de empleo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de una fuerte inversión inicial. - Se debe crear una campaña de información. - Se debe implementar un sistema de recolección exclusivo de MROC. - Requiere de la aplicación de lineamientos y sanciones con la finalidad de una adecuada gestión de MROC.

CAPÍTULO 6. CENTROS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJISTA (CAP).

6.1 La explotación de bancos de materiales en la ciudad de Querétaro.

Los Centros de Restauración ambiental y Paisajista o vertederos controlados (CAP), son instalaciones autorizadas, propuestas para recibir los MROC no aptos para reuso o reciclaje, de características físicas apropiadas para el relleno de bancos de tiro, enviados por el CAR, con la finalidad de que por medio de métodos adecuados de control y las técnicas necesarias se regrese al suelo.

Actualmente la explotación de bancos de materiales en nuestra ciudad, se realiza de forma descontrolada, dando origen a una problemática paralela a la generación de escombros, espacios o bancos de tiro, que en su mayoría es casi nula la posibilidad de rellenar a corto plazo, además que se hace sin ningún control, ni proceso, limitando el uso futuro de ese espacio.

Los materiales utilizados comúnmente por la industria de la construcción, tales como; suelos, rocas, gravas y arenas, etc., son extraídos y procesados en bancos de materiales, que se encuentran en estado natural en un inicio.

La magnitud del impacto ambiental generado por la extracción de las materias primas, está en función al tipo de banco que se pretenda explotar, virgen o ya explotado con anterioridad, del equipo y maquinaria que se utilice durante el proceso de extracción y triturado de los materiales como lo son barrenos, taladros, dragas, etc.

A lo largo de un proceso de explotación total o parcial de un banco de material seleccionado, incluyendo la maquinaria y el equipo requeridos, así como el transporte del material final al lugar de la obra, impactan en mayor o menor medida a la naturaleza.

La finalidad de este capítulo es analizar la propuesta de recuperación de espacios degradados por la explotación de bancos de materiales, por medio de un relleno de materiales previamente valorizados y enviados por el CAR, de tal forma que se pueda hacer paralelamente la explotación y la restauración del espacio. Esta gestión debe encauzarse generando un inventario de los bancos de materiales existentes tanto activos como inactivos que contenga la situación actual, el volumen existente, la morfología del hueco, etc. Todos estos datos permitirán una utilización adecuada de estos espacios, al tiempo que las empresas o instancias gubernamentales tendrían un lugar controlado para hacer el vertido de los MROC no aptos de reciclaje o reuso.

6.2 Impactos generados por la explotación de bancos de materiales en la ciudad de Querétaro.

En el proceso de extracción de materias primas de los bancos de materiales, se generan impactos ambientales que deben ser considerados por la trascendencia que éstos pueden tener sobre el medio natural. En la tabla 6.1 se presentan una síntesis de los impactos generados por este proceso de explotación de bancos de materiales en la ciudad de Querétaro.

Tabla 6.1 Impactos ambientales generados por la explotación de bancos de materiales.

Impactos ambientales generados por la explotación de bancos de materiales	
Calidad de aire	Generación de polvo y partículas. Generación de ruido
Estructura edáfica	Alteración de los procesos internos. Dificultad e impedimento de la regeneración del suelo.
Aguas superficiales y subterráneas	Contaminación de acuíferos. Afección de causas de agua. Alteración en el proceso y la capacidad de filtración del suelo.
Fauna y flora	Destrucción de la capa vegetal. Deterioro de biotipos. Eliminación de la flora y fauna.

Fuente: Dirección General de Minas⁶⁹

6.3 El proceso de explotación de bancos de materiales.

El proceso de explotación de bancos de materiales, involucra las siguientes actividades:

6.3.1 Localización de los bancos.

La identificación de los bancos de materiales utilizables en volúmenes aprovechables, se realiza utilizando técnicas que van desde la simple observación del terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, haciendo uso de

⁶⁹ Informe sobre el consumo de materias primas. Dirección General de Minas, Secretaría de Economía, México, (2002).

posteadoras, máquinas perforadoras, estudios geofísicos, fotointerpretación y el actual uso de sensores remotos.

La valoración de los bancos permite establecer el potencial de explotación, así como determinar el posible uso de los materiales extraíbles y estimar la vida útil de los bancos, aún cuando la valoración de las rocas o suelos contenidos en los bancos suele ser muy difícil de establecer de forma cuantitativa.

Los criterios para la localización de bancos de materiales más importantes son:

1. Tipo de obra a la que se podrá destinar el material (terracerías, capa subrasante, base, sub-base y carpeta asfáltica o superficie de rodamiento, para caminos revestidos o pavimentados con concreto hidráulico o asfáltico).
2. Que la calidad de los materiales extraíbles cumplan con las normatividades vigentes.
3. Deben de ser fácilmente accesibles y que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes.
4. Su ubicación debe ser estratégica; involucrando el recorrido de distancias mínimas de acarreo.
5. El proceso de explotación no debe generar problemas legales o ambientales que perjudiquen a los habitantes de la zona.
6. Debe garantizar que económicamente su explotación es viable.

6.3.2 Exploración, muestreo y análisis de bancos.

La toma de decisiones; se hace de acuerdo a la información proporcionada por la exploración que principalmente debe contener:

- a. Determinación de la naturaleza del depósito desde el punto de vista geológico.
- b. Determinación de profundidades, espesores, así como la composición de los estratos de suelo o roca susceptibles de explotación.
- c. Caracterización de la hidrología subterránea estimando el nivel y la variabilidad del manto freático.

Existen las siguientes etapas del proceso de exploración:

1. Reconocimiento preliminar; visita de inspección y estudios previos.
2. Exploración preliminar; visita realizada con la finalidad de diagnosticar el espesor y la composición del subsuelo.
3. Exploración definitiva; incluye pruebas de laboratorio que definan detalladamente las características de los suelos.

Los resultados de las pruebas hechas a los bancos de materiales contribuyen a definir y autorizar su uso o explotación.

6.3.3 Preparación del banco.

El proceso de preparación de un banco para su explotación involucra las siguientes actividades:

- 1) Despalme, desmonte y limpieza.

Antes de la explotación se requiere remover la cubierta vegetal sobre el suelo que se utilizará como banco, operación que requiere el uso de maquinaria y equipo mecánico.

- 2) Aflojamiento del material.

Esta operación consiste en reducir la cohesión en suelos muy compactos o suelos duros, para facilitar las maniobras de carga, descarga y transporte.

6.3.4 Explotación del banco.

Para las diferentes actividades vinculadas con la explotación de los bancos de materiales se utilizan los siguientes equipos:

- tractor de oruga con cuchilla frontal o escrepa,
- draga, draga de arrastre, draga marina,
- barrenos,
- pala mecánica o cargador frontal,
- tolva o camión de remolque,
- escrepa o motoescrepa.

El uso de tractores con arado para fragmentar los materiales es de uso cada vez más frecuente, con lo que se logra minimizar el uso de explosivos y la barrenación, generando beneficios en los tiempos de explotación y la economía.

La aplicación principal del tractor con cuchilla frontal es como excavadora. Actualmente el uso de cargadores frontales de brazos articulados, ya sea de oruga o sobre llantas, es muy común, ya que son potentes y capaces de trabajar con rocas grandes.

La pala mecánica se aplica para remover grandes volúmenes de material, se caracteriza por su adaptabilidad a todo tipo de terreno. Con respecto a los equipos mecánicos, éstos tienen un gran impacto sobre el suelo, compactándolo y destruyéndolo.

La selección de equipo será función de tres factores:

- a. Disponibilidad de equipo.

- b. Tipo y calidad del material por explotar.
- c. Distancia de acarreo de los materiales.

6.3.5 Etapa final de la explotación de un banco de materiales.

Posterior a su explotación en la mayoría de los casos se abandona el banco, o se deja sin ningún tratamiento de restauración, a pesar de que en las leyes vigentes se encuentra contemplado el procedimiento a seguir para la restauración o relleno del espacio degradado producto de la explotación de banco de materiales.

La pérdida de la cubierta vegetal es un efecto irreversible y permanente, sin medida de mitigación, pero puede considerarse una medida compensatoria para la zona de influencia del proyecto, la reforestación del área con especies endémicas, como medida preventiva, previo al inicio de la explotación del banco de material, realizar un programa de rescate de vegetación que considere especies en peligro de extinción, que incluya desplante, transporte y resiembra, y posterior a la explotación del banco convertirlo en un Centro de Restauración Ambiental y Paisajista CAP, con la finalidad de recuperar el suelo degradado paulatinamente y mediante un proceso controlado.

6.4 Propuesta para la recuperación de espacios degradados en la ciudad de Querétaro.

En la ciudad de Querétaro se encuentran localizados 4 bancos de materiales denominados como bancos de tiro, que actualmente reciben MROC para su restauración, de los cuales 1 está autorizado, 1 en proceso de autorización y 2 no han realizado el trámite correspondiente, figura 6.1. Estos cuatro bancos de tiro se encuentran en proceso de relleno, el cual de acuerdo a la legislación vigente, es responsabilidad de la persona poseedora de la tenencia del

predio o banco, que en los cuatro casos es ejidal, aspecto que dificulta el proceso de restauración ya que las personas no tienen el poder adquisitivo ni el conocimiento para desarrollar el proceso y no existe actualmente algún programa de apoyo o restauración de estas zonas.

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los encargados de los bancos; se cobra una cuota establecida por la SEDUE, de cuarenta pesos por el vertido de MROC, cuota que debería destinarse para el adecuado vertido y relleno, sin embargo nos encontramos que el material vertido no es verificado por el personal, no se cuenta con instalaciones para la verificación, consecuentemente no hay control del volumen ni del tipo de material vertido, no se sigue un proceso de relleno, a pesar del esfuerzo de las instancias responsable la SEDUE de llevar un control de lo vertido y del proceso a utilizar, no ha sido posible.



Figura 6.1 Ubicación general de Bancos de materiales en la periferia de la Ciudad de Querétaro.

Los bancos de tiro en la Ciudad de Querétaro que actualmente reciben en sus instalaciones los MROC como material de relleno son:

6.4.1 Banco de tiro el Romerillal

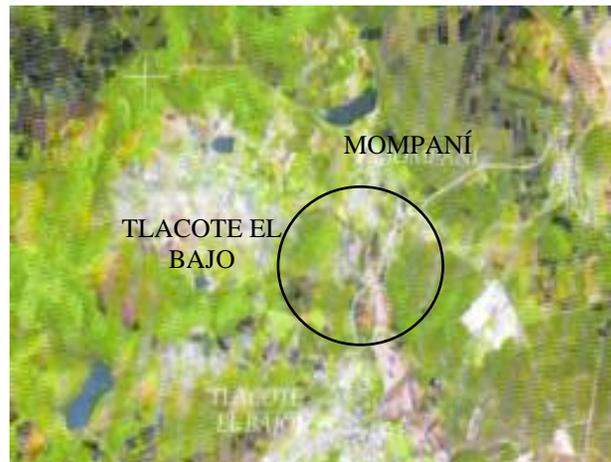


Figura 6.2 Banco de tiro camino a Mompaní.

Ubicado en camino a Mompaní, ejido el Romerillal, figura 6.2. Con un porcentaje de explotación del 85% figura 6.3. Se encuentra en proceso de relleno.



Figura 6.3 Banco de tiro el Romerillal, ejido Mompani, Qro.



Figura 6.4 *Material vertido en el banco de tiro*



Figura 6.5 *Proceso de explotación del banco.*

Los materiales utilizados como relleno son variables, se observó una gran cantidad de suelos producto de excavación, trozos de concreto, suelos producto de la misma explotación, además de basura y elementos contaminantes como lo son; llantas, pañales, bolsas, plásticos, madera, entre otros, figura 6.4 y 6.5.

6.4.2 Banco de tiro Cuesta China, Querétaro.

Ubicado en el ejido Casa Blanca, camino a la Cañada, Municipio de Querétaro, figura.6.6. Actualmente se encuentra en proceso de relleno, como se puede observar en la figura 6.7.

El control para el vertido de los MROC se hace a través de la caseta de vigilancia del Fraccionamiento Buena Vista, que se encuentra localizado a un costado del banco de tiro. Se observó que el vertido de material se realiza de forma controlada y uniforme tratando de obtener un solo nivel, facilitando de esta forma su posterior compactación, figura 6.8. Los materiales que se reciben en este banco de tiro son: suelos producto de excavación o demolición, tierras negras, arenas, arenillas y tepetates, no se observó ningún otro material, figura 6.9.



Figura 6.6 Ubicación del banco de tiro Cuesta China, Qro.



Figura 6.7 Banco de tiro Cuesta China, Qro.



Figura 6.8 Material vertido en el banco de tiro Cuesta China



Figura 6.9 Proceso de vertido de material

6.4.3. Banco de tiro del Pedregal.

Ubicado en el kilómetro 12 de la carretera Querétaro- San Luis Potosí, ejido Jurica, Querétaro, figura 6.10.



Figura 6.10 Banco de tiro El Pedregal, Ejido Jurica, Qro.

Durante la visita realizada se observó; que el control con el que se cuenta para el vertido de MROC, no es suficiente ya que no se encuentra físicamente delimitado, lo que provoca el vertido incontrolado de MROC, a diferentes horas del día y de diferentes materiales, entre los cuales se encuentra basura doméstica, figuras 6.11 y 6.12.



Figura 6.11 Materiales vertidos en el banco de tiro el Pedregal



Figura 6.12 Proceso de relleno, banco de tiro el Pedregal.

6.4.4 Banco de tiro ejido Jurica.

Ubicado en la parcela No. 43 del ejido Jurica, Qro. Cuenta con dos accesos sin control, se encuentra rodeada de vertederos clandestinos de MROC y basura doméstica, entre otros, figura 613.



Figura 6.13. Banco de tiro, Ejido Jurica, Querétaro.

Todo el tramo de acceso recorrido se encuentra con MROC vertidos en diferentes puntos en todo el trayecto, lo que indica que el material no aceptado para el vertido en el centro de tiro, se vierte de forma clandestina alrededor de este, figuras 6.14 y 6.15.



Figura 6.14 Acceso al Banco de tiro Jurica.



Figura 6.15 Materiales vertidos de forma clandestina en el trayecto al acceso

6.5 Centro de Restauración Paisajista CAP.

Se definen como las instalaciones que tienen como finalidad la recuperación ambiental y paisajística de los espacios degradados por una actividad antrópica, de fuertes impactos ambientales, que son susceptibles de ser regenerados total o parcialmente a través de rellenos planificados con MROC no aptos de reciclaje previamente valorados por el CAR. En general, se contemplan todas las antiguas explotaciones mineras a cielo abierto pendientes de restauración.

6.5.1 Equipamiento básico para un CAP.

Los espacios adecuados como CAP, dispondrán básicamente de la siguiente infraestructura:

- El espacio deberá estar cercado en todo su perímetro con objeto de poder prevenir accidentes, situaciones de riesgo y posibles vertidos incontrolados.
- Los accesos deberán estar planeados para permitir con garantías, el paso de los vehículos, sin perjudicar la flora y fauna aun existente.
- Se contará con un solo acceso controlado.
- Debe contar con una zona de inspección y recepción.

6.5.2 Proceso general del CAP.

El proceso de regeneración con MROC no aptos de reciclaje o reuso, de CRP estará sometido a un estudio específico en cada caso concreto en donde se contemple: accesos, puntos de vertido y niveles de relleno, sistema de relleno a utilizar, y un plan detallado de restauración ambiental que incluya la imagen final del espacio una vez culminado el proceso de restauración.

ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO Y FLUJO DE LOS MATERIALES EN EL CENTRO DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJISTA, CAP.

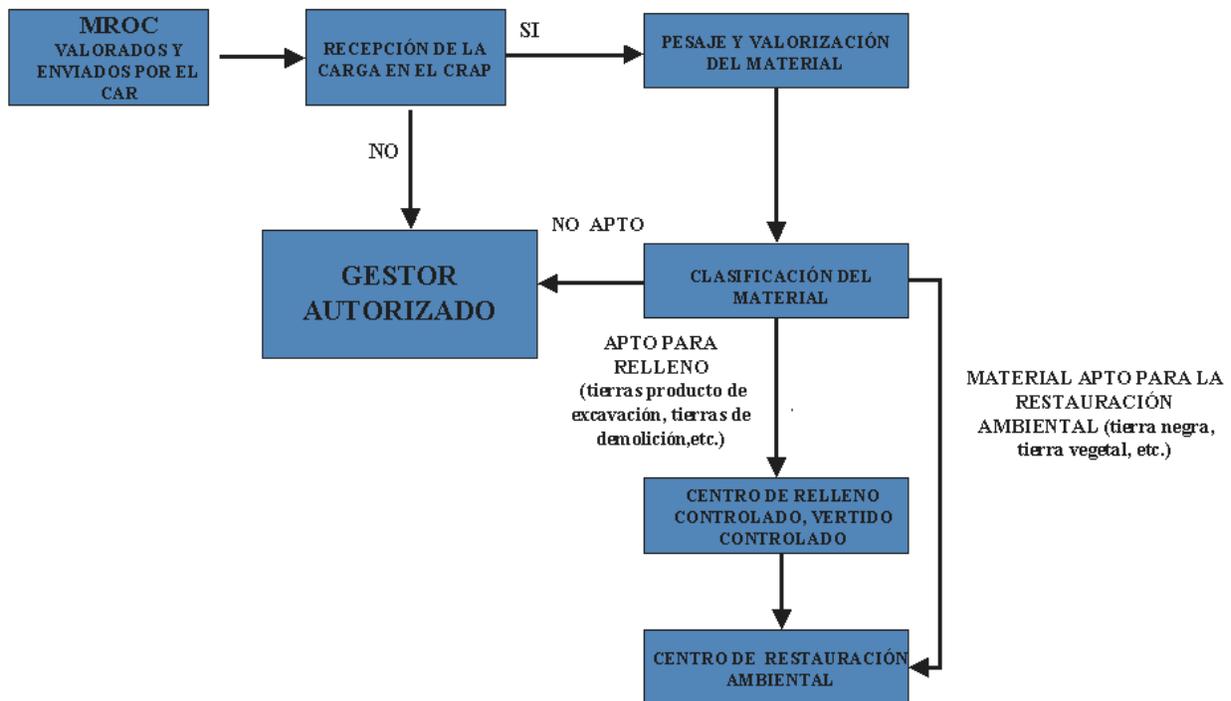


Figura 6.16 Propuesta de esquema general para las instalaciones de un Centro de Recuperación Ambiental y Paisajista CAP.

Cada CAP debe contar con un plan de rellenos basado en un estudio topográfico previo, en este plan debe estar delimitado con exactitud la zona de rellenar y un calendario de tiempos y proceso de relleno.

6.5.3 Recepción y aceptación de la carga en el CAP

- En esta etapa se realizará un examen visual del material antes de su aceptación en las instalaciones del CAP.
- Se evitará el vertido de materiales con características óptimas de reciclaje o de reutilización.
- Sólo serán admisibles en el CAP; aquellos materiales que el CAR haya evaluado y clasificado como aptos para relleno o para restauración.
- En la entrada de las instalaciones deberá existir un cartel visible donde se indique con claridad el tipo de residuos admisibles.
- El responsable de la instalación entregará al transportista un justificante de vertido en el que aparecerán los datos del transportista, material vertido, día, hora y el titular responsable.

6.5.4 Clasificación del material.

Con la finalidad de determinar qué tipo de material se está recibiendo; se realizará su clasificación. La tierra vegetal que ingrese a las instalaciones será separada del resto de los MROC para ser utilizada en proyectos de restauración ambiental, con objeto de su valorización y aprovechamiento. En los casos de suelos producto de excavación o demolición, serán enviadas al vertedero controlado.

Una vez aceptada la carga, se procederá al vertido de los escombros en los lugares y forma que se determinen.

El proceso de relleno será de forma planificada, permitiendo un máximo aprovechamiento y siguiendo criterios de recuperación de los perfiles topográficos originales. Para dicho relleno se utilizará exclusivamente escombros y tierras inertes previamente valoradas en el CAR.

La disposición de capas de relleno sigue por lo tanto un orden lógico. La topografía resultante debe cumplir tres objetivos principales: integrarse armoniosamente en el paisaje, facilitar la filtración de agua superficial, y tener una estructura final estable y acorde con el entorno.

6.5.6 Centro de restauración ambiental.

Una vez concluida la fase de relleno se dispone sobre la superficie una cobertura de tierra vegetal y en ningún caso se deja terreno irregular o con afloramientos de escombros.

Inmediatamente después del extendido de la tierra vegetal, se plantan la zona con especies autóctonas, eligiendo árboles y arbustos de la misma especie que los existentes en el entorno. Se aportan entonces nutrientes y materia orgánica, ya sea mediante composta, turba, o tierra vegetal de calidad.

La finalidad de todo este proceso es que concluida la extracción del material se procederá a mitigar los impactos mediante una reforestación con especies arbóreas adecuadas, de manera tal que el área no quede expuesta a la erosión.

CONCLUSIONES

En todo el proceso constructivo, desde la extracción de las materias primas hasta la demolición del edificio o estructura pasando por cada una de sus etapas de vida útil, se generan grandes volúmenes de residuos. Volúmenes que no son contemplados ni clasificados de una forma adecuada por las leyes vigentes en nuestra ciudad. Haciendo necesario la reforma de estas leyes; en lo que respecta a la clasificación de los residuos, para establecer una clasificación que tipifique de forma detallada a los residuos de acuerdo a su fuente generadora, y que permita tener un denominador común. Denominador que facilitará la organización de planes, así como el establecimiento de centros de acopio de los residuos generados por una misma actividad productiva; en este caso por la industria de la construcción. Además se deberá de reformar lo que respecta a la gestión de éstos residuos, con la finalidad de fomentar el reuso y reciclaje de los residuos por la misma industria, así como el establecimiento de lugares destinados para su gestión.

Los procesos de reuso y reciclado, son actividades todavía no consolidadas en el sector de la construcción en nuestra ciudad; y por este motivo existe un bajo índice de aprovechamiento, que se ve reflejado en un alto porcentaje de explotación de recursos materiales y energéticos. Estas actividades de recuperación de MROC presentan aspectos medioambientales positivos y negativos. Entre los primeros cabe destacar la prolongación de la vida útil de los espacios de vertido, el ahorro en el consumo de materiales primarios y de consumo energético, así como la preservación de espacios naturales. En la vertiente negativa destaca la generación de polvo, ruido, vibraciones y aguas residuales, además de las posibles distorsiones del entorno socioeconómico ligadas a desplazamientos de la mano de obra y recursos; desde las actividades de extracción y la producción de materiales vírgenes, a las de acopio y reciclado.

Para lograr una manipulación óptima y el reciclaje de los residuos de la construcción dependen de que los materiales se separen en el sitio, desde su origen. La planeación de una obra de construcción, reforma o demolición; nos proporcionará un orden desde el diseño del proyecto, hasta la terminación de la obra; ya que se tienen contempladas cada una de las actividades que lo conforman; facilitando el análisis previo a la ejecución del proyecto. Se pueden establecer criterios que nos permitan tener una solución más eficiente y con prontitud, que facilitará la ejecución de la obra y la disminución de costos. Los criterios para seleccionar un sistema constructivo; deben ser un menor consumo de materia prima y la disminución de la producción de MROC en obra, estos criterios derivan en un objetivo principal: lograr un bajo costo de la obra y una menor contaminación al ambiente; por medio de la aplicación de un método de reciclaje o reuso de desperdicios en la misma obra generadora de éstos.

En el caso de las demoliciones, se requiere que se introduzca un sistema de demolición selectiva, que obliga a que antes y durante la demolición, se lleve a cabo una separación de los diferentes materiales, para prevenir la mezcla de materiales y la contaminación de las materias reciclables o con aptitudes de reuso. Dejando de lado las matizaciones referentes al proceso constructivo que de origen a los MROC; demolición, construcción o remodelación, los porcentajes mayoritarios en volumen, corresponden a concreto, refractarios y suelos producto de excavación. Por lo anterior, cualquier tipo de gestión, ya sea dentro de la misma obra, o una gestión externa debe contemplar el tipo y volumen de MROC generado en cada actividad, que dependerá del sistema constructivo y la calidad de mano de obra utilizado.

Por otro lado, y con base a los datos obtenidos de CONAFOVI, se estima que se construirán para satisfacer los requerimientos de la población en la ciudad de Querétaro un promedio anual de 7,302 viviendas nuevas para el periodo que abarca del 2005-2010, lo que generará 321,112 m³ de MROC por año, sumando el volumen que se generará por mejoramiento de vivienda, se alcanzará un total de 579,763 m³ volumen correspondiente a la capacidad de dos estadios Corregidora anuales, sin contemplar la obra de infraestructura, obra pública, ni edificaciones. Lo anterior nos da una visión de la problemática actual y el impacto a corto plazo que enfrentará la ciudad y se hace necesario que la industria de la construcción en la ciudad de Querétaro logre gestionar de una forma más sustentable los recursos naturales que se ven comprometidos en sus procesos, lo que implica que debe acercarse progresivamente hacia una producción con un menor consumo de recursos y una menor generación de residuos. Por medio de la integración de un sistema de reutilización y reciclaje en los procesos productivos, que permita la valoración, recuperación, reciclaje y vertido controlado de los residuos.

Para un proceso de gestión integral del volumen anual estimado de MROC, en la ciudad de Querétaro; se recomienda la implantación de un Centro autorizado para la gestión de MROC, instalaciones destinadas a recuperar como materia secundaria o material de segundo uso, los MROC recibidos en los mismos. Proporciona un valor añadido a la fracción aprovechable de los escombros, convirtiéndolos a través de la clasificación y procesado, en un producto que pueda ser reingresado al mercado o a su vida útil. De la misma forma se requiere de un espacio destinado a enterrar a todos aquellos MROC no aptos para reuso o reciclaje, por lo que se propone su uso para la recuperación de espacios degradados por la explotación de bancos de materiales, de tal forma que de manera paralela se realice la explotación del banco y la restauración de los espacios degradados. Esta gestión debe encauzarse generando un inventario general de los bancos de materiales existentes, tanto activos como inactivos, que

contenga la situación actual, el volumen existente, la morfología del hueco, etc. Todos estos datos permitirán dar un uso adecuado a estos espacios, al tiempo que las empresas o instancias gubernamentales tendrían un lugar controlado para hacer el vertido de los MROC no aptos de reciclaje o reuso

Una etapa muy importante para poder lograr gestionar los MROC en un Centro de Acopio y Reciclaje, es mediante la participación de todos los sectores de la población en este proceso, que con apoyo de un programa de formación y educación ambiental que tenga como finalidad el sensibilizar a la población sobre lo que corresponde a los MROC, es uno de los métodos más viables para lograr su cumplimiento.

Finalmente al realizar un comparativo entre el material requerido para la construcción de la obra nueva, y el volumen de material desechado durante su proceso constructivo como MROC, sin considerar los suelos producto de excavación, se obtuvo del costo total de los materiales utilizados en la obra; el 14.27% corresponde a pérdidas por desperdicio de material. Valor muy significativo si se considera que la utilidad de una compañía constructora en México es alrededor del 7.0%.

Por lo que se concluye de forma afirmativa; que los volúmenes de materiales residuales originados anualmente por la industria de la construcción en la ciudad de Querétaro, generan impactos económicos y ambientales que justifican la incorporación de un sistema específico para su adecuado reciclaje.

RECOMENDACIONES

La reincorporación de los MROC como materiales secundarios en los procesos de la construcción; debe realizarse con las garantías necesarias para no perjudicar la calidad final del producto obtenido, estudiando sus posibles aplicaciones en el campo de la construcción. Los materiales recuperados o secundarios suelen ser más sensibles a las fluctuaciones de la demanda en el mercado de los materiales vírgenes a los que pretende sustituir, especialmente cuando las tendencias de la primera son a la baja, de ahí la importancia de acompañar a todo este proceso de una campaña de sensibilización que nos permita abrir el mercado a los materiales reciclados, además de proporcionar suficiente información y asesoría acerca de la disponibilidad y aplicaciones de estos.

Una forma de evitar los impactos ambientales al entorno, a nuestra salud y a la naturaleza, se logra con el desarrollo de especificaciones técnicas que permitan el uso de materiales reciclados en los procesos productivos, así como la incorporación de criterios ambientales en el diseño de espacios arquitectónicos, que contemplen en sus procesos la utilización de materiales y técnicas constructivas que permitan el máximo aprovechamiento de sus propiedades, con un mínimo gasto de energía y con mínima generación de MROC.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agotamiento. Resultado de la extracción de un recurso no renovable del medio ambiente o extracción de recurso renovable con un bajo poder de renovación.

Análisis de sensibilidad. Procedimiento sistemático para estimar los efectos, acerca de los métodos y datos escogidos, en los resultados de un estudio del ACV.

Análisis de ciclo de vida- ACV. Fase de valoración del ciclo de vida con el objetivo de entender, evaluar la magnitud e importancia de los impactos medioambientales potenciales de un sistema de producción.

Análisis comparativo. Relación de aspecto medioambiental, con respecto a la superioridad o equivalencia de un producto contra otro producto competente que cumpla la misma función.

Aprovechamiento. Todo proceso industrial o manual, cuyo objetivo sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos.

Aspecto Medioambiental. Sistematización de actividades de un producto o servicio y su acción sobre el medio ambiente.

Categoría de impacto. Grupo representativo de potenciales impactos al medio ambiente, a los cuales se asignan los resultados del inventario de ciclo de vida.

CAR, Centro de acopio de MROC. Lugar habilitado y controlado para la selección, reciclaje de MROC.

CAP, Centro de restauración ambiental y paisajista. Lugar habilitado para el vertido controlado de MROC aptos para la restauración.

Ciclo de vida. Fases consecutivas y conectadas de un sistema de producción, que pueden incluir desde la adquisición de materias primas o de recursos naturales hasta la disposición final.

Composición de residuos sólidos. Es el estudio realizado con la finalidad de establecer el porcentaje de cada uno de los residuos sólidos generados.

Contaminación. La presencia en el ambiente de uno o más elementos físicos, químicos y biológicos que causen desequilibrio ecológico, o efectos negativos en la salud, fauna, flora e impacto negativo a la calidad de aire, agua o suelo.

Contaminante: Toda materia o energía en cualquier estado físico y forma, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna ó cualquier elemento natural altere o modifique negativamente su composición o condición natural.

Daño. Una deterioración de la calidad del medio no directamente atribuible a una depreciación o polución.

Deterioro Ambiental. Alteración de carácter negativo de la calidad del ambiente, en su conjunto o de los elementos que lo integren, cuyo impacto puede

provocar afectación a la biodiversidad, a los procesos naturales en los ecosistemas, a la salud y a la calidad de vida de la población.

Disposición final. Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuados para evitar daños al ambiente.

Diagrama de procesos. Representación gráfica de un proceso productivo involucrado todo su ciclo de vida..

Efecto medioambiental. Interacción física entre el sistema de producción y el medio ambiente, definido en términos de la extracción de recursos, emisiones de sustancias al medio ambiente.

Gestión de MROC. Conjunto de actividades encaminadas a dar a los MROC el destino más adecuado, de acuerdo a sus características, con la finalidad de reducir el impacto medioambiental de su disposición.

Emisión. Descarga de elementos químicos o físicos de un sistema de producción o proceso al medio ambiente.

Flujo productivo. Flujo de un proceso productivo, constituido de bienes, materiales, servicios, energía, residuos, etc.

Impacto Ambiental. Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Materia. Se define como el recurso utilizado renovable o no renovable, su vida puede ser larga o efímera.

MROC. Residuos generados como consecuencia del proceso de construcción, demolición o remodelación.

Planta de reciclaje. Lugar donde se obtiene nuevos producto a partir de los residuos.

Porcentaje de reciclado: Cantidad de material reciclado del total de un producto.

Producto. Bien rentable o servicio producido por un proceso económico, que no requiere, a priori, ninguna información adicional para su uso.

Productor de MROC. Cualquier persona física, moral o jurídica, cuya actividad produzca escombros.

Reciclaje. Método de tratamiento que consiste en la transformación de los residuos con fines productivos.

Recurso. Material existente en el medio ambiente que puede ser explotado del medio para la incorporación en un proceso como materia prima, este recurso puede ser bióticos o abióticos.

Residuos. Todo proceso productivo genera dos tipos de residuos el calor disipado, y los materiales que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos

Reutilización o Reuso. Uso de un material, subproducto o producto más de una vez, para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

Valorización de MROC. Todo procedimiento que sin causar perjuicios al medio ambiente permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los MROC.

Vida útil. Tiempo que un material o componente permanece en la actividad para la que ha sido diseñado.

Vida útil nominal. El total de años durante los cuales su costo de mantenimiento no supera su costo de sustitución; lo que implica necesariamente el colapso del componente al final de su vida útil.

ABREVIATURAS

ACV. Análisis de ciclo de vida.

AMPE. Asociación de manufactura de plásticos en Europa.

BUWAL. Oficina Federal Suiza del Ambiente, bosque y del parque.

CAP. Centro de restauración ambiental y paisajista.

CAR. Centro de acopio y reciclaje de MROC.

CER. Código Europeo de Residuos.

CONAFOVI. Consejo Nacional para el fomento de la Vivienda

EEA. Agencia europea del Medio Ambiente.

EPA. Agencia de protección al medio ambiente.

EU: Unión Europea.

H1. Zona habitacional con una densidad de población de 100 hab./ha.

H2. Zona habitacional con una densidad de población de 200 hab./ha.

H2.5. Zona habitacional con una densidad de población de 250 hab./ha.

H3. Zona habitacional con una densidad de población de 300 hab./ha.

H4. Zona habitacional con una densidad de población de 400 hab./ha.

HO5. Zona habitacional con una densidad de población de 50 hab./ha.

IMPLAN. Instituto Municipal de Planeación.

INE. Instituto Nacional de Ecología.

MROC. Materiales Residuales Originados en la Construcción

PITMA. Programa Industrial y Tecnológico Medioambiental.

PROFEPA. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social

SEDUE. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y recursos Naturales.

SETAC. Sociedad para el medioambiente, toxicología y química.

TAC. Comité Técnico para el Progreso y Adaptación de la Ciencia y la Tecnología.

REFERENCIAS

- Augenbroe, Godfried and Pearce. A., "*Construcción sustentable en los Estados Unidos de América, Perspectiva para el año 2010*". Synthesis report for CIB World Congress. Universidad de Florida, EU., (1998).
- Aguilar Alfonso, "*Reciclado de materiales de construcción y demolición*", editado por el Instituto Juan de Herrera. El boletín de la biblioteca, No. 2. Madrid, España, (1997).
- Atkinson, C. J. "*Life Cycle Studies and Ecolabelling of Building Materials*", British Ceramic Transactions, vol. 93, No. 1, pp 31- 32
- Baumann Henrikke and Rydberg Tomas. "*Life Cycle Assessment Comparison of Three Methods for Impact Analysis and Evaluation*". Journal for Cleaner production, SETAC vol. 2, no. 1, pp 13- 20. Europa, (1994).
- Cartografía de Querétaro. *Colección de 35 planos de la ciudad capital y del Estado. Gobierno del Estado de Querétaro. Segunda edición, Querétaro, México, (1978).*
- Casado, J. Artur, "*Efectos en el Medio Ambiente*", McGraw-Hill Interamericana de España. Madrid, España, (1996).
- Centro de Ciencias Ambientales (CML) "*Environmental Life Cycle Assessment Products*", pp.89-189 y 224. Holanda, 1992.
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda CONAFOVI, "*Necesidades de Vivienda 2001-2010*", p. 377. México, (2005).
- *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Editorial SISTA S.A de C.V. México, (1995).
- Instituto Franco-Alemán de Estudios del Sur, *Deconstruction selective "Estudio científico de la demolición selectiva de un inmueble"* IFARE-DFIU, Magazine CSTB, vol. 101, pp. 44-47 (1997).

- Díaz Palacios Julio, *“La Agenda 21 de las Ciudades”*, Unión Iberoamericana de Municipalistas. Colección estudios y comentarios. España, (1999)
- Díaz L. F., Savage G. M., Ortellado M., *“El Manejo de Residuos de Construcción y Demolición”*, Comisión Europea CEPIS/OPS, (1999).
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología. Querétaro, México, (2004).
- Dirección General de Minas, *“Informe sobre consumo de materias primas”*, Secretaría de Economía, cuadro No.6. México, (2002).
- Fideicomiso Queretano para la Conservación del Medio Ambiente, *“Mapa verde-azul del Municipio de Querétaro. El uso del terreno, la infiltración y los ecosistemas”*. Querétaro, México (2002).
- Hewitt Bakeaz Nicola, *“Guía Europea para la planificación de las Agendas 21 locales”*, p 113, Bilbao. España, (1998).
- Instituto Nacional de Estadística, *“Estadística de generación de empleos para el año 2000”*, INEGI. México, (2000).
- Jornada sobre Arquitectura Bioclimática, *“Gestión de Residuos de Construcción y Demolición”*, Fondo Social Europeo. Europa, (2004).
- Keating Michael, *“Cumbre para la Tierra. Programa para el Cambio. La Agenda 21 y los demás acuerdos de Río de Janeiro en versión simplificada”*, Centro para Nuestro Futuro Común. México, (1993).
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación. México, (1988).
- Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación. México, (1989).
- Ley de prevención y gestión integral de residuos del Estado de Querétaro. México, (2004).
- Norma UNE-EN ISO 14010. *Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida Principios y Estructura*.
- Norma Mexicana NMX-AA-091-1987, *“Composición de residuos, selección y cuantificación de subproductos”*, México, (1987).

- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006, Boletín Oficial del Estado No. 166, España (2001).
- Plan Municipal de Desarrollo 2003-2006 para Querétaro. México. (2003).
- Plan Parcial de Desarrollo Urbano para el Municipio de Querétaro. México, (1999).
- Programa Nacional de Medio Ambiente 1995-2000 INE. México, (1999).
- Programa Internacional de educación Ambiental, *“La educación Ambiental en la formación técnica profesional”*, UNESCO-PNUMA. Europa, (1996).
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, Diario oficial de la Federación, México, (1988).
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente en materia de evaluación de Impacto Ambiental, México, (2000).
- Rivas, David M. *“Sustentabilidad. Desarrollo Económico, Medio Ambiente y Biodiversidad”*. Colección Parte Luz. Bogotá, (1998).
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Distrito Federal, México, (2000).
- Sistema de Cuentas Nacionales de México, *“Producto Interno Bruto del Instituto Nacional de Estadística”*, INEGI cuadro 149. México, (2000).
- Soibelman, L., Formoso, C.T., Franchi, C., *“Methodology for Controlling Material Waste on Building Sites”*, In Proceedings of the International Symposium on Economic Evaluation and the Built Environment - W55 Symposium, Lisbon, Portugal, (1993).
- Soibelman, L., Formoso, C.T., Franchi, C., *“Material Loss in the Construction Industry”*, In Proceedings of the II Seminar for Quality in Construction, Porto Alegre, Brazil, (1993).
- Tejero Monzón Gil, Díaz Juan, Narea Marecel José, y Rodríguez Frutos José *“Manual McGraw-Hill de reciclaje”*, traducción Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid, (1996).

- XII Censo Parcial General de Población y Vivienda, INEGI Querétaro de Arteaga, tabulados Básicos. Tomo I, México, (2003).
 - Serie Necesidades Esenciales en México, Situación Actual y Perspectivas al año 2000 "*Vida útil nominal de los materiales*". Siglo XXI Editores, Volumen 3, México, (1983).
-