

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**



***REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONCRETO, PRODUCTO DE
LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, PARA LA CREACIÓN DE
AGREGADOS, EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY***

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA Y
ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

JESÚS RICARDO MERCADO GUTIÉRREZ

MONTERREY, N.L.

MAYO 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

Recomiendo el proyecto de tesis del Ing. Jesús Ricardo Mercado Gutiérrez para que sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de maestro en ciencias con especialidad en:

INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

Dr. Sergio Garza Bacco

Asesor

Dr. Carlos H. Fonseca Rodríguez

Sinodal

Ing. Kevin Luna Villarreal

Sinodal

Ph.D. Federico Viramontes Brown

Director del Programa de Graduados en Ingeniería

DEDICATORIA

A Dios por ser guía y luz en mi camino, y por permitirme vivir y rodearme de gente maravillosa.

A mis padres, Francisco y Lupita, por amor y su cariño que me han brindado a lo largo de mi vida; por su gran ejemplo para luchar hasta alcanzar las metas; y por su apoyo y confianza para seguir adelante.

A mis hermanos: Paco, Ivonne y Fer, por el ánimo y la motivación que siempre me han dado, por su cariño y por siempre estar a mi lado.

A todos aquellos que luchan diariamente por conseguir sus ideales, y buscan el bienestar de nuestra sociedad

A G R A D E C I M I E N T O S

A mi asesor, el Dr. Sergio Garza Bacco, por su dedicación y su disponibilidad para enriquecer los trabajos de esta tesis.

A mis sinodal, el Dr. Carlos H. Fonseca, por el tiempo dedicado a esta tesis y por sus valiosas aportaciones.

A mi sinodal, el Ing. Kevin Luna, por su disposición y colaboración, que me permitieron completar esta tesis.

A la Arq. Marian Rodríguez y su familia, por la invaluable ayuda y aportación que con cariño me brindaron.

A cada uno de mis amigos y compañeros, que con su compañía y apoyo, me ayudaron a la realización de esta tesis.

RESUMEN

Uno de los principales problemas que se enfrentan diariamente en las áreas urbanas es la generación de grandes cantidades de residuos sólidos. Los principales factores que influyen en el crecimiento desmedido de estas cantidades son el crecimiento de la población, el desarrollo económico y la utilización de tecnologías inadecuadas. Dentro de los diversos tipos de residuos generados en el ambiente urbano, se destaca el escombros, residuo de las actividades de construcción y demolición. La gran generación de ese residuo y su manejo inadecuado causan graves impactos ambientales, sociales y económicos.

El escombros es un material que tiene una gran ventaja: el elevado potencial de reciclaje para uso como materia prima en la producción de nuevos materiales. En México, se recicla una cantidad limitada de residuos de construcción. La mayoría se usa como relleno, sin dar tratamiento necesario. Los grandes problemas que se enfrentan para reciclar escombros en la región son que se cuenta con grandes bancos de materiales de donde obtener el producto a triturar, además que también se tienen grandes extensiones de terreno donde acumular el escombros.

El procedimiento propuesto para el reciclaje de escombros comienza desde la recepción del material, donde se retiran los residuos que no son propios para esta actividad. Posteriormente los residuos son limpiados, y se clasifican dependiendo del tipo de materiales que contienen. El siguiente paso es la puesta en marcha de la trituración, pasando a una cribadora, donde el producto es seleccionado y clasificado de acuerdo a su tamaño. Cuando se tiene separado el producto final, se clasifica de acuerdo a sus características y por último es vendido para su reutilización en la industria de la construcción. El objetivo de este proceso es obtener un producto regular con un elevado grado de calidad, por lo que es muy necesario el llevar un estricto control de cada uno de las partes que conformas este proceso.

Este es un proceso que necesita una inversión inicial considerable, pero que con ayuda de un contexto favorable, puede lograr ser un proyecto rentable. Para lo que se necesita contar con un detallado plan de negocios, que permita mantener una posición en el mercado y un buen control de la calidad de los productos.

Para lograr que el reciclaje sea una actividad de la vida diaria, se necesita un cambio de mentalidad en la sociedad, donde el enfoque principal sea ver hacia el futuro, y los efectos que tienen las acciones que hacemos hoy.

CONTENIDO

	Página
I.- Anteproyecto	1
1.1 Introducción	1
1.2 Definición del problema	2
1.3 Objetivo	3
1.4 Justificación	3
II.- Preliminares	6
2.1 Definición de términos	6
2.2 Introducción a la sostenibilidad	11
2.3 Reciclaje	12
III.- Consideraciones generales del reciclaje	14
3.1 Necesidad de reciclaje	14
3.2 Aspectos fundamentales	16
3.2.1 Social	16
3.2.2 Ecológico	18
3.2.3 Económico	18
3.3 Necesidades actuales	20
3.4 Situación Local	22
3.4.1 Territorio y población	22
3.4.2 Suelo	23
3.4.3 Residuos	24
3.5 Escombreras en la región	26
3.6 En las leyes	28
IV.- Bases para el reciclaje de escombros	37
4.1 Reciclaje de escombros	37
4.2 Composición del escombros	39
4.3 Condiciones limitantes para el reciclaje	42
4.4 Consideraciones Medioambientales	46
4.5 Comparativa de material natural y material reciclado	47

V.- Propuesta	55
5.1 Parámetros para la evaluación de la propuesta	55
5.2 Procedimiento de reciclaje de residuos	56
5.3 Maquinaria necesaria para el proceso	62
5.3.1 Equipo propuesto	67
5.3.2 Sistema de trituración móvil sobre orugas	68
5.3.3 Planta de cribado móvil sobre orugas	70
5.4 Distribución de la planta	72
5.5 Aplicaciones del material reciclado	74
VI.- Plan de proyecto	78
6.1 Objetivos estratégicos	78
6.2 Estrategias del proyecto	82
6.3 Premisas económicas	85
6.4 Análisis económico	92
6.4.1 Identificación de los costos	92
6.4.2 Presentación de diferentes situaciones	98
6.5 Ventajas de la implementación del proyecto	101
6.5.1 Ventaja económica	102
6.5.2 Ventaja ambiental	103
6.5.3 Ventaja social	104
6.6 Planes que favorecen el rumbo del proyecto	105
6.7 Riesgos potenciales	108
VI.- Conclusiones	112
VII.- Bibliografía	114
Anexo A	116
Anexo B	120
Anexo C	126
Anexo D	128
Anexo E	130

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA		Página
3.1	Facultades de diferentes autoridades especificadas en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal	29
3.2	Resumen de artículos relacionados especificados en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal	32
4.1	Clasificación de los residuos de Construcción y Demolición, de acuerdo con el tipo de actividad	40
4.2	Comparación de producción de RCD de los países de la UE y el estado de Nuevo León	42
4.3	Resultados del % de absorción en las pruebas de la Universidad de Colombia	49
4.4	Resultados de la resistencia a compresión en las pruebas de la Universidad de Colombia	49
4.5	Resultados de la resistencia a compresión en las pruebas en el ITESM	50
4.6	Principales aspectos de comparación entre los agregados naturales y los agregados reciclados	52
5.1	Plantas de Tratamiento de RCD en la Unión Europea en 1990	63
5.2	Comparación de características principales entre algunos tipos de trituradoras	65
5.3	Requisitos obligatorios de acuerdo con la clasificación de los agregados, según la RILEM	74
6.1	Estrategias de negocio para el funcionamiento del proyecto	82
6.2	Pronósticos de los crecimientos de algunas economías	85
6.3	Estimado de erogaciones del proyecto de reciclaje de escombros	97
6.4	Resultados Generales para determinar la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 91 días correspondiente a la sesión del día 3 de mayo de 2006	99
6.5	Algunos riesgos potenciales en la implementación del proyecto de reciclaje	109
C.1	Porcentaje de material que debe pasar cada malla	126
C.2	Porcentaje de material fino que puede pasar cada malla	127
D.1	Venta de agregados por metro cúbico en el área metropolitana de Monterrey	128
D.2	Retiro de escombros en Monterrey	129
E.1	Obtención de la TIR en un escenario conservador	131

E.2	Obtención de la TIR en un escenario esperado	132
E.3	Obtención de la TIR en un escenario esperado, con el pago diferido del terreno	133
E.4	Obtención de la TIR en un escenario esperado, con varios pagos diferidos	134
E.5	Obtención de la TIR en un escenario ideal	135

FIGURA		Página
3.1	Explotación de caliza en el cerro de Las Mitras	24
4.1	Afectación por escombros a orillas del arroyo La Talaverna en los límites de los municipios de Pesquería y Apodaca	38
5.1	Procedimiento previo a la trituración	59
5.2	Procedimiento posterior a la trituración para la obtención de agregados reciclados	60
5.3	Proceso general de la planta para reciclado de escombros	62
5.4	Estación de trituración de impacto Nordberg LT-1100	69
5.5	Criba móvil sobre orugas Nordberg ST-352	71
5.6	Distribución propuesta para la planta recicladora	73
6.1	Variación porcentual Anual del PIB en la Construcción en México	87
6.2	PIB de la Construcción en México, a precios constantes (base 1993)	88
6.3	Variación trimestral del PIB de la Construcción en México (1981-2005)	89
6.4	Variación trimestral del PIB de la Construcción en México (1996-2005)	89
6.5	PIB de la Construcción en Nuevo León, a precios constantes (base 1993)	90
6.6	Comparación del índice de precios de la construcción residencial en México y en Nuevo León (variación en base a precios del 2003)	91

I. ANTEPROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

En la naturaleza se produce una relación muy estrecha y constante entre los seres vivos y los elementos como el agua, el aire y los minerales; lo que produce una circulación continua de materia. En nuestro ambiente, siempre han existido productores, consumidores y descomponedores, que hacen que los principales elementos, necesarios para la vida, sean reciclados de manera permanente, por lo que se puede afirmar que los desechos son reaprovechados constantemente, es decir, todo se recicla de manera natural.

En el inicio de la humanidad, con la ayuda de la aparición de la agricultura y la ganadería, el humano ya no tuvo la necesidad de desplazarse para conseguir alimento. Con este hecho, se formaron asentamientos que comenzaron a crecer de manera incontrolada, produciendo una mayor cantidad y acumulación de desechos que difícilmente se pueden descomponer o reciclar [1].

El Área Metropolitana de Monterrey es un claro ejemplo de este crecimiento acelerado, ya que en las últimas décadas se ha distinguido por su desarrollo industrial en constante aumento. Lo que provoca que la explotación irracional de los recursos naturales y la acumulación de desechos sólidos tiendan a ser un problema a mediano plazo, que se tiene que empezar a resolver en corto tiempo.

El reciclaje de los desechos que se generan diariamente, puede ser una buena táctica para comenzar a atacar esos problemas que con el paso del tiempo se tienden a acrecentar. Es por eso, que en este trabajo se tomará el tema del reciclaje de los desechos sólidos que se generan en la construcción.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al inicio del desarrollo humano, los productos elaborados con materias primas, tales como madera, algodón, cuero y hasta el hierro, eran fácilmente asimilados de manera natural y los residuos se reciclaban de una forma relativamente normal. Sin embargo, con el tiempo, la cantidad de residuos fue creciendo de manera desmedida y muchos de ellos, debido a su composición, comenzaron a ser un peligro. Además, que los daños irreparables que estos desechos generan en nuestro ambiente, tales como contaminación de tierra, de agua, de aire, el envenenamiento de animales y plantas, y el deterioro de la salud humana, nos dan una alerta de la necesidad que se tiene actualmente de reducir de manera significativa su producción.

Por lo anterior, se puede asegurar que uno de los cambios tecnológicos más grandes que se han dado en nuestro tiempo es el limitar y utilizar la gran cantidad de residuos industriales y de la construcción, que son el resultado del desarrollo de la sociedad moderna. Algunos aspectos a tomar en cuenta son los siguientes:

- Recursos de construcción limitados, estos a causa de las fuertes medidas ecológicas para la explotación de agregados.
- Lugares de explotación lejos de los lugares de consumo.
- Necesidad de reducir la cantidad de volumen de desperdicio.
- La necesidad de contar con materiales que apoyen el desarrollo sostenible para edificar la infraestructura de nuestro país.

1.3 OBJETIVO

La idea principal de este trabajo, es presentar una propuesta para realizar un sistema de reciclaje de materiales en la industria de la construcción, adaptado a las necesidades y características del Área Metropolitana de Monterrey.

Se realizará un análisis de las ventajas y métodos a utilizar para el reciclaje de residuos de la construcción, especialmente de residuos de concreto, para la generación de agregados utilizables para crear concreto nuevo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales problemas que se enfrentan diariamente en las áreas urbanas es la generación de grandes cantidades de residuos sólidos. Los principales factores que influyen en el crecimiento desmedido de estas cantidades son el crecimiento de la población, el desarrollo económico y la utilización de tecnologías inadecuadas. Dentro de los diversos tipos de residuos generados en el ambiente urbano, se destaca el escombro, residuo de las actividades de construcción y demolición. La gran generación de ese residuo y su manejo inadecuado causan graves impactos ambientales, sociales y económicos. Esto provoca que se busquen soluciones rápidas y eficaces para la gestión adecuada, a través de la elaboración de programas específicos, que traten de minimizar esos impactos. En este contexto, se destaca una gran ventaja del escombro: su elevado potencial de reciclaje para uso como materia-prima en la producción de nuevos materiales.

Como en otros sectores económicos, en el reciclado y aprovechamiento de Residuos producto de la Construcción y Demolición (RCD), algunos países de Europa, son un ejemplo a seguir. En países como Holanda, Dinamarca y Alemania, campañas significativas, basadas en información y diversas actividades, han influido en un cambio de mentalidad desde hace varios años. Algunos de los casos más conocidos son [2]:

- La gestión que se realizó sobre los residuos originados por la demolición del muro de Berlín, para volver a utilizarlos en nuevas construcciones del tipo residencial.
- Otro ejemplo es el caso de Barcelona, una de las ciudades pioneras de España en este tema, donde para la remodelación y construcción de las nuevas instalaciones de la villa olímpica en el año 1992, se utilizaron componentes provenientes de la demolición.
- En Dinamarca se realizó un interesante proyecto piloto de reciclaje de escombros y elaboración de nuevo concreto en 1998, cuando se aprovechó el material resultante de la demolición de dos grandes puentes; donde se emplearon aproximadamente 1,400 toneladas de este material para la creación de un nuevo concreto para los cimientos de nuevos edificios, lo que significó un ahorro de 15 dólares por tonelada con respecto a métodos tradicionales.
- En Sri Lanka el escombros reciclado se utilizará para la construcción de nuevas viviendas y carreteras. Se espera que los supervivientes del tsunami de 2004 en Sri Lanka se beneficien de un esquema de reciclaje radicalmente nuevo realizado por organizaciones benéficas locales. El escombros se tritura para obtener polvo para ladrillos y grava para cimientos y construcción de carreteras.
- En Irlanda, los residuos producto de la construcción y la demolición constituyen aproximadamente el 21 por ciento (3,65 MT) de todos los residuos no-agrícolas. En torno al 65 por ciento de los RCD se reciclaron, pero si la industria quiere alcanzar los exigentes objetivos fijados para los RCD para 2013 (85% de reciclado), son necesarias medidas nuevas e innovadoras.

Lo anterior nos muestra que las posibilidades técnicas y económicas del uso de los productos de concreto reciclado son buenas. Sin embargo, existen barreras mentales que no permiten una abertura total de los procedimientos y utilización de materiales resultantes del reciclaje, como sustitutos de los materiales comúnmente utilizados.

En el caso de México, el despertar de esa conciencia, que implica la reducción de la contaminación en los vertederos y el ahorro de recursos naturales, ha sido mucho más lento, porque disponemos de áridos naturales baratos, de buena calidad y en gran

cantidad, y además, los precios por tonelada de vertido admitida en los tiraderos son demasiado bajos y no cubren los costos de operación, incluidos los ambientales.

En nuestro país, existen muchas empresas que destinan importantes presupuestos a concienciar a sus directivos sobre la problemática ambiental que se está viviendo, sin embargo, los resultados que se buscan no son inmediatos como se quisiera. Y es que uno de los más graves problemas que enfrenta Monterrey y su área metropolitana es la amenaza latente de convertirse en un cementerio de escombros, debido a la gran cantidad de construcciones que se llevan a cabo diariamente. [3]

Uno de los más grandes retos y deberes a los que se debe enfrentar la industria de la construcción, durante los próximos años, es la promoción del reciclaje de materiales para la construcción. Aún a pesar de que existen algunos ejemplos de reutilización de materiales de la construcción en otros países, la problemática radica que en nuestro país y de manera particular en Monterrey, la conciencia y la industria del reciclaje en el sector de la construcción no tiene una presencia significativa que pueda ser de consideración.

Por lo anterior, y una vez que se ha planteado la problemática existente, se propone realizar los estudios necesarios para implementar un sistema de reciclaje de desechos en la construcción, adaptado a las necesidades que imperan en el Área Metropolitana de la ciudad de Monterrey, capital de Nuevo León en México.

II. PRELIMINARES

2.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Agregados. Fragmentos de roca que se utilizan para la preparación del concreto, y pueden ser usados en su estado natural o posteriormente al proceso mecánico de trituración.

Agregados Naturales. Consisten tanto como grava y arena, como en piedra triturada.

Agregados Reciclados. Se obtienen principalmente de la trituración de concreto y del pavimento asfáltico.

Ambiente. El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Aprovechamiento de los Residuos. Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

Aprovechamiento Sustentable. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Área Metropolitana de Monterrey. Territorio formado por los municipios conurbanos de Apodaca, Cadereyta Jiménez, General Escobedo, García, Guadalupe, Juárez, Monterrey, San Nicolás de los Garza, San Pedro Garza García y Santa Catarina.

Atmósfera. La capa de aire que circunda la Tierra, formada por una mezcla principalmente de nitrógeno y oxígeno; su límite se considera convencionalmente a 20,000 metros de altitud.

Basura. Se considera de forma genérica a los residuos sólidos, ya sean urbanos, industriales, etc.

Biodiversidad. La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad genética dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Clasificación de residuos. Atendiendo al estado y al soporte en que se presentan, se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. El soporte se debe a la existencia de numerosos residuos aparentemente de un tipo, pero que están integrados por varios, por lo que se determina que su estado es el que presenta el soporte principal del residuo.

Concreto. Mezcla de aglomerante, arena y grava con agua, utilizada en la construcción, que la fraguar y endurecer adquiere una resistencia muy elevada. El aglomerante puede ser cemento, cal, o ambos a la vez.

Conservación. El conjunto de políticas y medidas para mantener dinámicamente las condiciones que propicien la permanencia de los elementos naturales, a través de la planeación ambiental del desarrollo; así como proteger, cuidar, manejar y mantener los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo.

Contaminación. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminación Visual. La alteración nociva de las cualidades de la imagen o del orden de un paraje natural o urbano, causado por uno o más elementos que únicamente tengan la finalidad de ser vistos, que impidan al espectador apreciar a plenitud las características particulares propias del entorno o distraigan la atención de las personas, creando situaciones de riesgo para las mismas.

Contaminante. Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Contingencia Ambiental. Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.

Chatarra. Restos producidos durante la fabricación o consumo de un material o producto. Se aplica tanto a objetos usados, enteros o no, como a fragmentos resultantes de la fabricación de un producto.

Desarrollo Sustentable. Sistema de desarrollo permanente que permite mejorar la calidad de vida humana, mediante la conservación, protección y aprovechamiento de los recursos naturales dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas, sin comprometer la satisfacción de las generaciones futuras.

Ecosistema. La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

Educación Ambiental. El proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente.

Equilibrio Ecológico. La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Escombros. Restos de derribos y de construcción de edificaciones, constituidos principalmente por tabiquería, cerámica, concreto, acero, madera, plásticos y otros, y tierras de excavación en las que se incluyen tierra vegetal y rocas del subsuelo.

Gestión Integral de Residuos. Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Material Inerte. Vidrio, papel y cartón, tejidos, metales, plásticos, maderas, gomas, cueros, loza y cerámica, tierras, escorias, cenizas y otros. A pesar de que pueden fermentar el papel y cartón, así como la madera y en mucha menor medida ciertos tejidos naturales y el cuero, se consideran inertes por su gran estabilidad en comparación con la materia orgánica. Los plásticos son materia orgánica, pero no fermentable.

Reciclaje. Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente.

Recogida Selectiva. Recogida de residuos separados y presentados aisladamente por su productor.

Recuperación. Sustracción de un residuo a su abandono definitivo. Un residuo recuperado pierde en este proceso su carácter de “material destinado a su abandono”, por lo que deja de ser un residuo propiamente dicho, y mediante su nueva valoración adquiere el carácter de “materia prima secundaria”.

Recurso Natural. El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre o de contribuir al equilibrio ecológico.

Rechazo. Resto producido al reciclar algo.

Residuo. Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la Naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

Residuos Peligrosos. Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Residuos Sólidos Municipales. Aquellos que se generan en las casas habitación, construcciones, demoliciones, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, y en general todos aquellos generados en actividades municipales en pequeña escala y que no son considerados como peligrosos.

Restauración. Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

Reutilizar. Volver a usar un producto o material varias veces sin “tratamiento”, que equivale a un reciclaje directo.

Tratamiento. Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

Valorización. Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Vertido. Deposición de los residuos en un espacio y condiciones determinadas. Según la rigurosidad de las condiciones y el espacio del vertido, en relación con la contaminación producida, se establecen tres tipos: controlado, semi-controlado e incontrolado o salvaje.

2.2 INTRODUCCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD

Desde hace algunos años, a nivel mundial, los términos "sostenible", "sustentable", "desarrollo sostenible" y "sustentabilidad" aparecen a menudo en los medios de comunicación. Sin embargo, aún no se han producido los pasos suficientes y necesarios como para asegurar que hemos iniciado un giro capaz de hacer sostenible o sustentable el modelo de desarrollo mundial. La característica de "sustentabilidad" implica "la capacidad de responder equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras". Quiere decirse que un modelo de desarrollo verdaderamente sostenible habría de mejorar la calidad de vida de la humanidad sobre la base de la equidad, haciendo que esa mejora se pueda mantener indefinidamente en el tiempo (siendo, por tanto, capaz de mantenerse para las generaciones futuras), también desde una perspectiva ambiental; es decir, siendo compatible con el funcionamiento, dinamismo y composición de la biosfera y los ecosistemas que hacen habitable al planeta.

Se dice que una actividad es sostenible cuando puede continuar por un tiempo indefinido. Sin embargo, cuando las personas califican de sostenible una actividad, lo hacen a partir de lo que saben en ese momento. No existe una garantía de sustentabilidad a largo plazo, porque sigue habiendo muchos factores desconocidos o imprevisibles. Las enseñanzas que sacamos al respecto son las siguientes: debemos limitarnos en las acciones que puedan afectar al ambiente, estudiar detenidamente los efectos de dichas acciones y aprender rápidamente de los errores cometidos.

La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMA) definió el desarrollo sostenible como "aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias".[4] Este término ha sido objeto de críticas por su ambigüedad y porque se presta a interpretaciones muy diversas, muchas de las cuales son contradictorias. La confusión se debe a que se han utilizado indistintamente los conceptos: "desarrollo sostenible", "crecimiento sostenible" y "uso sostenible", como si los resultados fueran idénticos, y no lo son.

Crecimiento Sostenible es un término contradictorio: nada físico puede crecer indefinidamente. Uso Sostenible sólo es aplicable a los recursos renovables: significa su utilización a un ritmo que no supere su capacidad natural de renovación. Desarrollo Sostenible debe comprenderse como el mejoramiento de la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que lo sustentan. Economía Sostenible es producto de un desarrollo sostenible. Ella mantiene su base de recursos naturales y puede continuar desarrollándose mediante la adaptación y mejores conocimientos, organización, eficiencia técnica y una mayor sabiduría. Sociedad Sostenible es aquella que vive de conformidad con nueve principios fundamentales.

Estos principios son:

1. Respetar y cuidar la comunidad de los seres vivientes.
2. Mejorar la calidad de la vida humana.
3. Conservar la vitalidad y la diversidad de la Tierra.
4. Reducir al mínimo el agotamiento de los recursos no renovables.
5. Mantenerse dentro de la capacidad de carga de la Tierra.
6. Modificar las actitudes y prácticas personales.
7. Capacitar a las comunidades para que cuiden de su propio ambiente.
8. Proporcionar un marco nacional para la integración del desarrollo y la conservación.
9. Forjar una alianza mundial, en la que todos los países se comprometan a participar en una estrategia mundial de conservación.

2.3 RECICLAJE

Reciclar es un proceso que en ocasiones es muy simple, pero que nos puede ayudar a resolver grandes problemas que son creados por la forma y costumbres de la sociedad actual.

Se tiene la idea de que reciclar es un sinónimo de recolectar materiales de desecho, para volverlos a utilizar, sin embargo, este proceso sólo es el principio del mecanismo de reciclaje.

Existen muchas definiciones de lo que es el reciclaje, pero una definición muy aceptable de este concepto es: reciclar es cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.

En la cuestión financiera, podemos comentar que el reciclaje puede generar muchos empleos, lo que ayuda a la cuestión social, ya que se necesita una considerable fuerza laboral para recolectar los materiales competentes para el reciclaje, así como para su clasificación. La instalación de plantas de reciclado de materiales da lugar a la creación de puestos de trabajo y un mejor empleo de los recursos. Es por eso que se dice que un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingresos considerables.

No obstante, no todo es fácil para el reciclaje, ya que existen algunos obstáculos que hay que vencer. Al parecer, el principal problema que se enfrentan aquellas personas o instituciones que quieren generar un proceso de reciclaje es la falta de educación de la sociedad en general sobre este tema. Lo que sucede es que la población en general no comprende lo que realmente le está sucediendo al planeta, sobretodo en lo referente a los recursos naturales.

Otro problema que se enfrenta es que las sociedades tienden a resistirse a los cambios. El ciclo tradicional de adquirir – consumir – desechar es muy difícil de cambiar. Y es que la tendencia indica que siempre será más fácil desechar todo hacia fuera.

Con lo anterior, se puede decir que el reciclaje es un proceso se tiene que implementar desde el fondo de la sociedad, con la ayuda de todos, y no sólo en un procedimiento aislado. Es una acción que beneficia a todos ya que es sustentable, pues presenta ventajas económicas, al generar empleos; sociales, al mejorar la forma de vida de las personas; y ambientales, al evitar el desgaste acelerado de los ecosistemas.

III. CONSIDERACIONES GENERALES DEL RECICLAJE

3.1 NECESIDAD DE RECICLAJE

En nuestro país, existe la necesidad de controlar los residuos que son desechados diariamente por la acción de la industria de la construcción, con la finalidad de lograr reducir los desperdicios y aprovechar al máximo la materia utilizable. Con esto, se lograría tener un impacto benéfico para el medio ambiente, que beneficia a la sociedad en general y también podría tener efectos positivos en cuanto al aspecto económico.

En diversas partes del mundo se han implementado acciones que ayudan a mejorar el manejo de los residuos. Sin embargo, nuestro país está muy rezagado en ese aspecto, por lo que existen muchas opciones por implementar o muchas tareas que se pueden llevar a cabo para mejorar la situación actual. Algunos investigadores del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) coinciden en mencionar que el gran reto del sector de la construcción es promover el reciclaje de materiales para la construcción como ya se hace en otros países.[3]

En varias naciones se han presentado programas para reducir la cantidad de residuos provenientes de la industria de la construcción. Inclusive en algunos países existen normas para controlar los residuos de la construcción. “La limitación y reciclaje de los residuos está considerada como la tecnología más limpia y amiga de los recursos naturales que es uno de los fines del plan de acción nórdico presentado por el consejo Nórdico en el informe Naciones Unidas 1990 “. [5]

La gran mayoría de los desechos que se generan en la construcción, se derivan principalmente de:

- Demolición de viejos edificios y estructuras.
- Rehabilitación y restauración de edificios y estructuras existentes.

🔩 Construcción de nuevos edificios y estructuras.

Otros residuos de esta industria provienen de la producción de materiales de construcción por ejemplo los creados por las plantas de concreto, ladrilleras y blocks de concreto. Hoy en día, en nuestro país, se recicla una cantidad muy limitada de residuos de construcción. La mayoría se deposita o se usa como relleno sin dar el tratamiento necesario para evitar un impacto ambiental. Las cantidades de residuos se incrementan constantemente y de manera incontrolada en las ciudades, por esto hay muchas razones económicas y financieras para centrarse en el desarrollo de grandes volúmenes de material a reciclar.

El tema del reciclaje de los residuos de construcción es un concepto que concierne a todos, tanto a las comunidades más industrializadas, como a los países en vías en desarrollo. Uno de los beneficios es el poder contar con material a menor precio de adquisición, debido a que se reduce el consumo de energía y los costos de extracción del mismo. Actualmente, países industrializados como Holanda y Dinamarca reutilizan y reciclan más del 90% de los residuos provenientes de la industria de la construcción. Por lo tanto, los países en desarrollo como el nuestro, también se pueden ver beneficiados por las técnicas de reciclaje.

Tomando en cuenta un punto de vista puramente económico, el reciclaje de residuos de la construcción resulta atractivo cuando el producto reciclado es competitivo con la materia prima en relación con el costo y la calidad. Los materiales reciclados son muy competitivos donde existe falta de materia prima y donde hay pocos lugares donde depositar los residuos o resulta muy caro transportarlos. Con el uso de los materiales reciclados, se pueden obtener grandes ahorros en el transporte de residuos de la construcción y de materias primas.

Haciendo una revisión a la situación ecologista actual, vemos que es cada día mayor la presión de ciertos colectivos ecologistas, unidos a una creciente preocupación ciudadana, respecto al tema del reciclaje. El reciclaje presenta grandes atractivos frente a la utilización de materias primas naturales. La gran ventaja es que soluciona, a un mismo tiempo, la eliminación de materiales de desecho y que, mediante el

aprovechamiento de estos residuos para obtener una materia prima secundaria, se reduce la cantidad de recursos naturales primarios a extraer. Dicho de otra manera, se reincorporan como materias primas los residuos que alguna vez fueron desechados, favoreciendo así los aspectos ecológicos tanto como los económicos.

3.2 ASPECTOS FUNDAMENTALES

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de un sistema de reciclaje de materiales de la construcción, en particular, el concreto de desecho, para crear agregados que permitan la formación de nuevas mezclas para concreto.

Para plantear una propuesta para la situación actual, a continuación se presentan tres aspectos que son fundamentales para el desarrollo de una búsqueda de solución para la problemática, y para justificar en varias ideas lo que se propone en el presente trabajo. Estos conceptos abarcan de manera global a toda la integridad que conforma nuestro entorno, y son los aspectos: social, ecológico y económico, que son la base de un desarrollo sostenible.

3.2.1 Social

La industria de la construcción, generalmente cuenta con muchos problemas para deshacerse de los residuos producidos en las construcciones de los diferentes edificios, así como de los residuos producidos por la demolición de edificaciones que son inservibles o bien las demoliciones provocadas por cualquier desastre natural. Estos problemas, en parte, se generan de los elevados costos que se tienen debido al depósito y desecho de los residuos, donde podemos incluir los elevados costos del transporte. Un gran problema que se produce en este proceso es el desecho de estos residuos, ya que en nuestro país la mayoría son depositados clandestinamente en sitios

abandonados o baldíos. Esto tiene un efecto negativo en las comunidades, deteriorando el aspecto estético de las mismas.

Se han realizado estimaciones para determinar aproximadamente las necesidades, en un futuro, de los agregados para la construcción. El consumo de agregados crece considerablemente con el paso de los años. Nuestro país tiene una gran necesidad de vivienda e infraestructura, por lo que el reciclado y uso del cemento asegura un abasto de material para estas necesidades. Debido a las demandas de agregados para un futuro cada vez más próximo, se habrá de considerar un incremento en la contribución de los recursos alternativos para la obtención de miles de toneladas necesarias hacia los años venideros.

La infraestructura de las ciudades, creció mucho el siglo pasado. Entre lo que se incluye carreteras, puentes, sistemas de distribución de agua, drenaje, edificios entre otros. Esta infraestructura tiene un alto grado de deterioro y requiere mantenimiento o demolición. Las ciudades tienen una población creciente y estas demandan nueva infraestructura para satisfacer sus necesidades.

Las ciudades son grandes generadores de residuos, tanto de desechos municipales (basura doméstica) como de residuos de la industria de la construcción. Los desechos de la construcción son generados por demoliciones, remodelaciones y cualquier construcción, que generan una cantidad considerable de desecho. Los materiales de construcción en general, y particularmente los agregados (grava y arena) son componentes importantes de la infraestructura. El procesamiento y la extracción de los agregados naturales están siendo afectados por la urbanización, reglamentación para la explotación de los yacimientos, incremento en costos, y la reglamentación medioambiental. Mientras que los agregados reciclados de residuos (escombro o demolición) presentan beneficios entre los que están: menores distancias para transportar el material y la disminución en los costos de producción. El reciclaje representa una manera de convertir un desperdicio en un recurso.

3.2.2 Ecológico

En la parte ecológica, el reciclado del concreto presenta grandes beneficios; ya que por un lado tenemos la necesidad de conservar los recursos naturales y por el otro, la de reducir la cantidad de residuos generados que son un problema para depositarlos y transportarlos. Estos aspectos son parte de los principios de desarrollo sostenible, que actualmente es uno de los grandes objetivos de los gobiernos alrededor del mundo.

Para la conservación de los recursos naturales, la reutilización y el reciclaje de los residuos son una opción para sustituir algunas materias primas naturales. Al reciclar estos residuos se disminuye la cantidad de desechos a verter en los tiraderos, y estos “residuos” que en realidad son recursos deben de ser revalorizados y con el cemento se pueden construir nuevos elementos estructurales.

El reciclaje se puede lograr uniendo los residuos triturados con el cemento, el cual será el agente que incrementará el ciclo de vida de los materiales. En el futuro seguramente esto escombros pasarán de ser simples desechos a ser preciados recursos. Esto está comprobado con lo que sucedió con el asfalto, que era considerado un desperdicio de la industria petroquímica, y así mismo sucedió con las escorias de acero, el papel y el plástico. Todos estos materiales ya tienen industrias bien establecidas que se dedican al reciclado y actualmente, estos materiales son altamente valorizados. Esto también debe ocurrir con el concreto, ya que puede ser reutilizado en muchas aplicaciones que van desde residenciales, comerciales y de infraestructura. Y se predice una gran aplicación en el uso de carreteras, en bases y sub bases estabilizadas con cemento.

3.2.3 Económico

Generalmente, el interés económico en el reciclaje de los materiales de construcción y de los residuos de las demoliciones está afectado por los siguientes factores:

- ✓ La disponibilidad de espacio para depositar los residuos correspondientes a la construcción y demolición así como las cuotas de paga por el depósito de los escombros.
- ✓ Los grandes costos que son generados por la transportación del residuo hacia su lugar de depósito, como el costo del transporte de los materiales naturales, necesarios para la elaboración del concreto.

Algo muy importante que se tiene que observar para el incremento en la utilización del concreto, es la creciente renovación y rehabilitación de infraestructuras alrededor del mundo. “El desarrollo urbano entre los años 70 y 80 en muchas regiones del mundo, como por ejemplo en el Medio Este y el Sudeste de Asia fue muy fuerte, dando como resultado construcciones de muy baja calidad. La necesidad de llevar a cabo proyectos de reparaciones y numerosas catástrofes en los últimos años, como en los terremotos de México Distrito Federal, en Armenia y San Francisco, y los daños causados por los hombres en Líbano, Kuwait e Irak, indican un incremento en el futuro de las actividades de construcción, referidas a la reparación, renovación y reconstrucción. Aumentará por lo tanto la producción de concreto lo que llevará a un incremento de la producción de las cantidades de residuos procedentes de la demolición y rehabilitación de edificios y así como también un aumento en la demanda de agregados.” [6]

Las áreas urbanas tienen mucha dificultad para tener lugares dónde depositar estos residuos, por la otra parte cada vez las pedreras y la materia prima viene de lugares más lejanos de las áreas urbanas, donde se consume gran parte del concreto. Con el uso del reciclaje, existe la posibilidad de reducir todas estas distancias ya que el desecho se queda en el área urbana, es procesada y se vuelve a utilizar dentro de la misma. Haciendo los costos de transportación más bajos. Por otra parte, el concreto esta compuesto alrededor de un 70% a 80% de agregados los cuales, reciclados son 50% más baratos que los agregados naturales. [7]

3.3 NECESIDADES ACTUALES

Con la urbanización e industrialización crecientes, se ha dado un crecimiento a la par en la demanda mundial de aire y agua limpios, de la eliminación de desechos, de un transporte seguro y rápido de personas y mercancías, de edificios residenciales e industriales y de nuevas fuentes de energía.

A pesar de que los humanos hemos usado muchos tipos de materiales de construcción desde principios de los tiempos, el concreto hecho con cemento Pórtland ha sido el material de mayor demanda, utilizado para satisfacer las necesidades de infraestructura moderna en los últimos tiempos. Por lo que no es novedad que hoy en día la industria del concreto sea el principal consumidor de recursos naturales tales como el agua, arena, grava y roca triturada.

Según estimaciones de la IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto), la industria del concreto está consumiendo agregados naturales a una tasa de aproximadamente de 8 billones de toneladas cada año.[8] La elaboración del cemento Pórtland, que se utiliza normalmente como aglomerante para las mezclas que conforman el concreto, también requiere la utilización de grandes cantidades de materiales naturales, así como se menciona a continuación.

Alrededor del mundo, el consumo del cemento Pórtland se elevó de menos de dos millones de toneladas en el año de 1880, a 1.3 billones de toneladas en 1996.[8] Aunado a esto, cada tonelada de cemento Pórtland requiere, además de otras materias primas, aproximadamente 1.5 toneladas de piedra caliza, así como considerables cantidades de energía eléctrica y derivada de combustibles fósiles.

Como era de esperarse, existe una creciente preocupación pública a escala mundial, y nosotros no podemos continuar ignorando por más tiempo la problemática que se está presentando en materia de contaminación ambiental, así como el agotamiento desmedido de los recursos naturales.

“Si estas cuestiones permanecen sin resolver, presentan una clara amenaza a nuestro estándar de vida y, lo que es más importante, a todo el tejido de los sistemas de soporte de la vida de la cual depende nuestro planeta”.

“De acuerdo con Gordon y Sampat en el Informe del Instituto de Vigilancia Mundial de 1999, un observador extraterrestre podría lógicamente llegar a la conclusión de que la conversión de materias primas en desechos es el propósito real de la actividad humana en el planeta Tierra”. [8]

Todavía estamos a tiempo de mirar hacia atrás y reflexionar sobre las lecciones que pueden aprenderse de lo ocurrido en el pasado, y así crear una visión que nos ayude a tomar acciones que permitan mejorar las perspectivas que se tiene hacia el futuro. Y es que no tenemos que esperar a que los problemas y desastres naturales nos enseñen cómo lograr un desarrollo sustentable. Debemos de ser capaces de tener una visión y una línea de acción para darle una nueva forma de vida a nuestro entorno, de tal forma que pueda ofrecernos bienestar y seguridad a mediano y sobretodo largo plazo.

Con la finalidad de avanzar hacia la meta de lograr un desarrollo sostenible, tiene que alcanzarse un equilibrio entre dos necesidades de vital importancia para la sociedad, esto es, una infraestructura que permita crear un estándar aceptable de vida para la mayoría de los habitantes del planeta, y la protección y conservación de nuestro ambiente.

Por esto, la industria del concreto, que tiene incidencia importante en estas dos necesidades, como uno de los conceptos más importantes en el desarrollo de la infraestructura y un importante consumidor de los recursos naturales, tiene la obligación de adoptar tecnologías que ayuden a permitir el desarrollo ambiental.

3.4 SITUACIÓN LOCAL

3.4.1 Territorio y población

El estado de Nuevo León cuenta con una superficie que abarca casi 64,000 Km². El estado se halla integrado por 51 municipios, de los cuales, los que forman el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) son sólo 10, y en los cuales se encuentra una alta concentración de la población y de la actividad económica. El AMM se ha convertido en un centro de producción industrial de vanguardia, lo que ha colocado a Nuevo León en el cuarto lugar en producción mundial de cemento y el primero en vidrio del Continente Americano.[9]

De acuerdo a los datos del último censo de población, el estado de Nuevo León cuenta con una población aproximada de 4 millones 164 mil habitantes en un millón de hogares, de los cuales, el 85% se aglutinan solamente en la superficie del AMM. Cantidad que se ha incrementado alarmantemente en las últimas décadas, ya que en 1950 se contaba con 740 mil habitantes, mientras que para los años de 1980 y 1990, se tenían aproximadamente 2 millones 513 mil y 3 millones 99 mil, respectivamente.[10]

Hoy en día es un estado cuya amplia y creciente infraestructura productiva en los sectores primario e industrial le han ganado un lugar de gran importancia en México. Monterrey, su capital, se ha convertido, en relativamente pocos años, en una de las tres ciudades más importantes del país.

En los últimos años, Nuevo León se ha sumergido en un intenso proceso de expansión tanto económica, como demográficamente hablando. Esta situación dinámica de crecimiento ha generado un proceso de urbanización y de desarrollo industrial polarizados en torno a la Ciudad de Monterrey, de manera que actualmente se considera que el Área Metropolitana circundante a la capital del Estado, es el segundo centro urbano-industrial del país. Para satisfacer las crecientes demandas de consumo de la sociedad nuevoleonense, se han establecido prácticas técnicamente avanzadas que, sin un control ambiental adecuado, degradan e incluso dañan irreversiblemente los recursos naturales.

3.4.2 Suelo

En Nuevo León afloran principalmente rocas sedimentarias de origen. Sólo hay pequeñas agrupaciones de rocas metamórficas y algunos de rocas ígneas intrusivas. En la región de la Sierra Madre Oriental se encuentran los principales yacimientos minerales del Estado. Respecto a los minerales no metálicos en esta provincia se realizan las explotaciones más importantes de Nuevo León. En el área de Monterrey se aprovechan numerosos bancos de caliza, que se utiliza en la industria de la construcción, en la siderurgia y en la industria del vidrio.

La provincia del Altiplano Mexicano se caracteriza por la existencia de yacimientos de hidrocarburos. Las gravas y arenas existentes en la zona se explotan en los valles, sobre los aluviones, donde se seleccionan diferentes tamaños de material que se utiliza en la industria de la construcción. Mientras que la Planicie Costera del Golfo está representada por rocas calcáreas localizadas principalmente en el norte del AMM. En esta zona no hay yacimientos de minerales metálicos y sólo se explotan los bancos de caliza, que se localizan en el Norte y Noroeste del AMM (cerro del Topo Chico, cerro de San Miguel y cerro de Las Mitras; ver figura 3.1).[8]



Figura 3.1 Explotación de caliza en el cerro de Las Mitras

3.4.3 Residuos

En los años setenta, Nuevo León generaba un promedio de 300 gramos de basura doméstica por habitante por día (gr/h/d). En esta época, la disposición de los residuos se hacía en un predio a cielo abierto de 30 hectáreas aproximadamente, ubicado en San Bernabé. Para finales de la década de los ochenta, ya se producía un promedio de 500 gr/h/d, haciéndose la mayor parte de la disposición final en un relleno sanitario cubierto.[9]

Entre los efectos negativos provocados en el medio ambiente y los recursos naturales por el acelerado crecimiento demográfico y económico, concentrado en el AMM, se encuentran:

1. Aumento de las emisiones provenientes de los vehículos automotores, ocasionado por el incremento en el número y longitud de los viajes, y por el congestionamiento.
2. Aumento en el número de descargas de aguas residuales industriales al drenaje sanitario.
3. Aumento en la generación de los residuos sólidos urbanos, los de manejo especial y los peligrosos.
4. Sobreexplotación de recursos hidrológicos.
5. Tala inmoderada de la cubierta forestal.
6. Pérdida de cubierta vegetal relacionada con los desmontes para fraccionar.
7. Existencia de especies en peligro de extinción por aprovechamientos ilegales de la fauna silvestre.
8. Falta de un desarrollo sustentable con enfoque regional.

De acuerdo a estudios desarrollados por la Agencia de Protección y Medio Ambiente, y el SIMEPRODESO (Sistema Metropolitano de Procesamiento de Residuos Sólidos), se estima que en el Estado se producen 4,905,619 toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial al año, generados tanto por fuentes legalmente instaladas (rellenos sanitarios registrados y plantas de tratamiento de aguas residuales) como por lugares de confinamiento ilegales (escombreras de materiales de construcción; tiraderos a cielo abierto; residuos en ríos, calles, arroyos y avenidas, o que son pepenados antes de llegar a los rellenos sanitarios). De la cantidad señalada, cerca del 53 % termina fuera de rellenos sanitarios legales.

Los nuevos desafíos que plantean el desarrollo económico y el impacto de la globalización, y la necesidad de obtener las materias primas que la naturaleza posee, implican crear una nueva conciencia en cuanto a la importancia de consolidar un desarrollo sustentable. Más que nunca resulta imprescindible una planeación que incorpore la variable ambiental a todos los ámbitos del crecimiento económico.

Mediante el manejo integral de los residuos, que abarca el proceso que inicia desde su generación hasta su disposición final pasando por las fases o etapas intermedias de

recolección, transporte, acopio, reciclaje, transferencia y tratamiento, puede lograrse disminuir la implicación negativa que su existencia genera en el ambiente.

3.5 ESCOMBRERAS EN LA REGIÓN

Para tener un panorama más amplio de la situación del escombros en esta región, es necesario conocer la cantidad de residuos que en ella se generan. Sin embargo, actualmente no se tienen datos reales ni exactos de la cantidad de escombros que se genera diariamente en el AMM, debido principalmente a la gran cantidad de material que es depositado irregularmente. Y es que ni el gobierno del Estado o de los municipios, ni los particulares, tienen un control exacto de los residuos, producto de la demolición y/o la construcción, que se reciben diariamente en los lugares destinados.

En diversas entrevistas con el Ing. Fernando Ramírez Vega, jefe del departamento de residuos de la Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Nuevo León, se llegó a la conclusión de que actualmente no hay datos registrados o un control de las escombreras que existen en el Estado. La situación es que a partir de la Ley Ambiental del Estado de Nuevo León, éste control o registro, pasó a ser ocupación del Estado y no de los municipios, como era anteriormente donde tampoco existía. Hoy en día se está comenzando a tratar de regularizar e identificar a las escombreras que actualmente operan. La idea es hacer que los dueños de dichas escombreras se den de alta en la Agencia por medio de un formato que se obtiene a través de su página en Internet, siendo éste el único requisito. Por lo que, en resumen, se puede observar que aún falta mucho para tener una base de datos con información confiable sobre los escombros que se generan en el AMM.

Por otro lado, es de utilidad conocer la situación local en lo que se refiere al manejo de las escombreras establecidas, es decir, indagar en las actividades que se tienen en este tipo de lugares, así como el material que reciben, entre otros aspectos. Es por eso que se realizó un sondeo en varias escombreras de la región para así conocer las condiciones en las que operan.

En el anexo A se presenta un resumen de las principales escombreras que se visitaron. Sin embargo, a continuación se muestran los aspectos que tienen en común la mayoría de las escombreras en la localidad:

- Los sitios de recepción son terrenos particulares que contaban con un tipo de desnivel considerable.
- La actividad de recepción es con la finalidad de subir el nivel de terreno.
- La mayoría de las escombreras dicen sólo recibir material de construcción y/o demolición, es decir sólo escombro. Sin embargo, se puede llegar a un acuerdo con el encargado del terreno para que, por un precio mayor, reciban otro tipo de material, como madera, plástico, cartón u otro tipo de “basura”.
- Los materiales más recibidos son tierra, concreto y pedacería de blocks.
- Se cuida no recibir piedras o pedazos de concreto con dimensiones mayores a los 50 cm.
- El costo por la recepción del material varía entre \$8 y \$20 por metro cúbico de material, dependiendo de la cantidad y el lugar.
- La mayoría de los terrenos ya no tiene capacidad para más de 5 años.
- Dependiendo del tipo de escombro, es en el área donde permiten descargar a los camiones.
- Se trata de hacer la mezcla de material recibido lo más homogénea posible, evitando el acumular grandes cantidades de un solo material en cierta zona.
- Las escombreras cuentan con una maquinaria para el movimiento de tierras, ya sea un cargador frontal o un buldózer, el cual continuamente se encuentra en la labor de nivelación del terreno, es decir, esparciendo el material acumulado.
- Una vez llegado al nivel deseado, se coloca una capa de aproximadamente 60 cm. de tierra amarilla, para darle la compactación necesaria, y así poder hacer uso del terreno para otra actividad.

Cabe mencionar que las escombreras que operan actualmente, no tienen alguna norma en la cual deban basarse, sin embargo, pueden tomar como referencia los lineamientos que marca la Norma Oficial Mexicana: NOM-083-SEMARNAT-2003, que habla de las Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño,

construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, aprobada el 9 de junio del 2004 por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Como podemos observar, las escombreras no deben recibir basura. Lo que en ocasiones es un problema para aquellos escombros contaminados que se generan en la construcción. Sin embargo, en el Estado de Nuevo León, se cuenta con la opción que se presenta con la intervención del SIMEPRODE, el cual posee un terreno de 212 Ha que se encuentra en la carretera a Colombia Km. 10.5, en donde se recibe cualquier tipo de residuo no peligroso, en un horario de 8:00 am a 6:00 pm. En este lugar se reciben todos los residuos urbanos generados en la mayor parte del Estado, y cuenta con una vida útil estimada para el año 2018. El terreno tiene un tratamiento constante con ayuda de arcilla para irse compactando y así evitar la propagación del material. Además, se cuenta con cuatro estaciones de transferencia ubicadas en los municipios de Monterrey, Guadalupe, Apodaca y Santa Catarina, en donde se recibe el material en un horario de 9:00 am a 9:00 pm de lunes a sábado, teniendo una cuota por tonelada de \$98, y sólo se recibe basura (no escombros).

Con lo anterior, podemos darnos cuenta de la situación que existe en el AMM, acerca de la disposición de residuos tanto de escombros, como de residuos sólidos urbanos. Podemos observar que para la cantidad estimada de residuos, actualmente se cuenta con lugar para disponerlos, sin embargo, en unos años, estos lugares serán más escasos, por lo que encontrar un método que permita reducir la cantidad que se genera diariamente es de suma importancia. Por lo que comprobamos, una vez más, la necesidad del reciclaje de escombros como parte de la industria de la construcción.

3.5 EN LAS LEYES

En cualquier proceso que implique cambios a fondo, es necesario que se conjunten varios aspectos y que se acoplen las acciones de varios integrantes que forman parte de la sociedad. Esto es, que no solamente la industria del concreto o de la construcción en general sea la que tiene que cambiar su forma de proceder, sino que debe existir una mayor participación por parte de otros agentes, como los son las autoridades.

Es por eso que, en los últimos años, han aparecido leyes y normativas con respecto al ámbito ambiental, y la preocupación de las autoridades por mejorar nuestro entorno natural debe ir en aumento hasta poder lograr un equilibrio tanto social como ecológico.

Debido a la gran problemática ambiental que se vive en el Distrito Federal, ésta es la entidad que se ha desarrollado un poco más en cuanto a la sensibilización y legislación en materia ambiental. Ha creado la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, donde otorga facultades y obligaciones de diferentes organismos, de las cuales se obtuvieron las que más competen a este trabajo y se muestran en la siguiente tabla:

AUTORIDADES	FACULTADES
Secretaría del Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Emitir opinión sobre el diseño, construcción, operación y cierre de estaciones de transferencia, plantas de selección y tratamiento y sitios de disposición final de los residuos sólidos.• Emitir las normas ambientales.

<p>Secretaría de Obras y Servicios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los criterios y normas técnicas para la construcción, conservación y mantenimiento de la infraestructura y equipamiento para el manejo, tratamiento y disposición final de los residuos. • Autorizar y registrar los establecimientos mercantiles y de servicios relacionados con la recolección, manejo, tratamiento, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos y vigilar su funcionamiento.
<p>Delegaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erradicar la existencia de tiraderos clandestinos de los residuos sólidos. • Orientar a la población sobre las prácticas de separación. • Establecer rutas, horarios y frecuencias en que se debe prestarse el servicio de recolección selectiva de residuos sólidos.
<p>Secretaría de Salud</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emitir recomendaciones y determinar la aplicación de las medidas de seguridad, dirigidas a evitar riesgos y daños a la salud de la población, derivados del manejo, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Tabla 3.1 Facultades de diferentes autoridades especificadas en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

Con la tabla anterior, podemos observar que ya existen cargos o actividades específicas que deben realizar diferentes autoridades en conjunto con la sociedad en general, para el manejo, reutilización y disposición de los residuos sólidos. Estos son pequeños pasos que se deben de dar para lograr llegar a un equilibrio deseado ambientalmente.

Es importante que se vayan creando leyes y normativas que regulen las actividades con respecto al reciclaje, ya que son una pauta importante para su ejecución. Una buena base de leyes, puede lograr que un país avance rápidamente hacia los objetivos que tiene trazados, por lo que en materia ambiental, no es la excepción.

Esta ley creada en el Distrito Federal, establece que se formulará el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, el cual determinará los lineamientos, acciones

y metas en materia de manejo de los residuos sólidos; que estará enfocado a seguir los siguientes objetivos:[11]

- Tomar medidas para la reducción de generación de los residuos, su separación, recolección y transporte, así como su adecuado aprovechamiento, tratamiento y disposición final.
- Prever de infraestructura necesaria para el aseguramiento del manejo adecuado de los residuos sólidos.
- Promover la cultura, educación y capacitación en materia ambiental, así como la participación de los diversos sectores, tanto social, privado y laboral, para el manejo integral de los residuos sólidos.
- Fomentar la participación activa de las personas, la sociedad civil y el sector privado en el manejo de los residuos.
- Adoptar medidas para evitar el depósito, descarga, acopio y selección de los residuos sólidos en áreas o en condiciones no autorizadas.
- Promover sistemas de reutilización, depósito retorno u otros similares que reduzcan la generación de residuos.
- Establecer medidas adecuadas para reincorporar al ciclo productivo materiales para el desarrollo de mercados de subproductos.
- Fomentar el desarrollo y uso de tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización y valorización de los residuos sólidos.
- Establecer acciones orientadas a recuperar los sitios contaminados por el manejo de los residuos sólidos.

Como se puede ver y se comprobará más adelante en este texto, el proyecto de reciclaje en la construcción, cae exactamente en los objetivos de este Programa, por lo que se puede considerar como un buen seguimiento a lo que se está regulando en nuestro país.

En la tabla 3.2 se presenta un condensado de aquellos artículos de dicha ley que pueden ser de interés para el desarrollo de este proyecto, por lo que se considera importante tenerlos en cuenta.

ARTÍCULO	RESUMEN
Artículo 14	<ul style="list-style-type: none"> • La Secretaría de Obras y Servicios promoverá instrumentos económicos para aquellas personas que desarrollen acciones de prevención, minimización y valorización, así como para inversión en tecnología y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a mejorar el manejo integral de los residuos sólidos.
Artículo 15	<ul style="list-style-type: none"> • El Jefe de Gobierno, a través de las autoridades competentes, promoverá la creación de mercados de subproductos.
Artículo 26	<ul style="list-style-type: none"> • 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. • Los responsables deberán transportar los escombros en vehículos adecuados.
Artículo 31	<ul style="list-style-type: none"> • Son residuos de manejo especial, los residuos de la demolición, mantenimiento y construcción civil en general.
Artículo 46	<ul style="list-style-type: none"> • Las plantas de selección y tratamiento de los residuos sólidos deberán contar con la infraestructura necesaria para la realización del trabajo especializado para el depósito de dichos residuos de acuerdo a sus características y conforme separación clasificada. • Deberán contar con sistemas para llevar el control de los residuos depositados, así como con un sistema adecuado de control de ruidos, olores y emisión de partículas que garantice un adecuado manejo de los residuos sólidos y minimicen los impactos al ambiente y a la salud humana.
Artículo 56	<ul style="list-style-type: none"> • La Secretaría de Obras y Servicios, implementará programas para la utilización de subproductos provenientes de los residuos sólidos a fin de promover mercados para su aprovechamiento, vinculado al sector privado, organizaciones sociales y otros agentes económicos.

<p style="text-align: center;">Artículo 59</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todo establecimiento mercantil, industrial y de servicios que se dedique a la reutilización o reciclaje de los residuos sólidos deberá: <ul style="list-style-type: none"> i. Obtener autorización de las autoridades competentes ii. Ubicarse en lugares que reúnan los criterios que establezca la normatividad aplicable iii. Instrumentar un plan de manejo aprobado por la Secretaría de Medio Ambiente para la operación segura y ambientalmente adecuada iv. Contar con programas para prevenir y responder a contingencias v. Contar con personal capacitado vi. Contar con garantías financieras para asegurar que al cierre de las operaciones en sus instalaciones, éstas queden libres de residuos.
<p style="text-align: center;">Artículo 65</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es responsabilidad de toda persona que genere y maneje residuos sólidos, hacerlo de manera que no implique daños a la salud humana ni al ambiente.

Tabla 3.2 Resumen de artículos relacionados especificados en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

En Nuevo León, el gobierno del Estado creó el “Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales”, con la ayuda de la Agencia de Protección al Medio Ambiente y el SIMEPRODESO. Este documento presenta las líneas de acción y objetivos estratégicos que se trazó la presente administración para mejorar el rumbo del Estado en materia ambiental.[9]

Comenta, que la Agencia de Protección al Medio Ambiente inducirá o concertará:

- El desarrollo de procesos productivos ecoeficientes y compatibles con el ambiente, así como sistemas de protección y restauración en la materia, convenidos con cámaras de industria, comercio y otras actividades productivas, y otras organizaciones interesadas.

- El cumplimiento de normas voluntarias, las cuales serán establecidas de común acuerdo con particulares o con asociaciones u organizaciones que los representan.
- Las demás acciones que motiven a las empresas a alcanzar los objetivos de la política ambiental superiores a los previstos en la normatividad ambiental establecida.

Como parte de las metas que se pretenden alcanzar para el año 2009, se proponen algunos objetivos estratégicos, de los cuales, los más indicados para el presente trabajo son:

Objetivo Estratégico 5

Procurar un manejo integral y sustentable de los residuos, y establecer una cultura permanente a favor del reciclaje, como actividades indispensables para la protección ambiental de la entidad. (Suelo y manejo integral de los residuos)

Estrategias y líneas de acción:

Establecer el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

- Incentivar el uso de sistemas de separación, tratamiento, control, disposición final y reciclaje de residuos domésticos, para consolidar una sociedad más limpia y sustentable, con la participación de los municipios.
- Desarrollar un esquema integral que regule lo relativo a la instalación de rellenos sanitarios, sitios de confinamiento, escombreras y demás infraestructura para la disposición final de los residuos.

Aumentar la promoción de las ventajas del reciclaje.

- Promover el programa “Nuevo León Recicla” en todas las instancias de gobierno y educativas, mediante acciones intensivas de capacitación y difusión.
- Fomentar en los sectores productivos la práctica del reciclaje, en especial en el medio industrial.

Objetivo estratégico 7

Impulsar el uso y desarrollo de nuevas tecnologías para preservar y aprovechar sustentablemente el ambiente y los recursos naturales, y fomentar programas de autorregulación ambiental en el sector productivo. (Desarrollo tecnológico)

Estrategias y líneas de acción:

Promover la prevención, la autorregulación y el desarrollo tecnológico sustentable del sector productivo como estrategias básicas para el abatimiento de la contaminación.

- Fomentar el establecimiento de un Programa Permanente de Prevención de la Contaminación en el sector productivo del Estado con el fin de disminuir la generación de residuos y la emisión de contaminantes.
- Fomentar esquemas de reconversión tecnológica en el sector productivo, promoviendo la vinculación de las empresas con las instituciones de educación superior e identificación científica, con fines de asesoría e intercambio de conocimiento.
- Promover la modernización de la tecnología utilizada en los sitios de disposición final de residuos, tanto públicos como privados, para asegurar un mejor ambiente a la comunidad.

Objetivo estratégico 8

Generar mecanismos que garanticen la participación ciudadana en la promoción de estrategias conjuntas para la protección del ambiente y los recursos naturales. (Participación ciudadana)

Estrategias y líneas de acción:

Promover la vinculación social y la participación ciudadana

- Impulsar y apoyar los trabajos del Consejo de Participación Ciudadana de la Agencia de Protección al Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Procurar una vinculación estrecha entre los sectores sociales, en especial, los de investigación, educativo y privado, a fin de promover estrategias conjuntas que beneficien al ambiente.

- Alentar la cooperación de los ciudadanos en programas ambientales de beneficio a la comunidad, mediante incentivos y estímulos a las instituciones que los desarrollen.
- Proponer en cada uno de los 51 municipios la creación de organismos que atiendan las gestiones ambientales locales y establecer consejos de participación ciudadana homólogos al estatal.

IV. BASES PARA EL RECICLAJE DE ESCOMBRO

4.1 RECICLAJE DE ESCOMBRO

El escombros es un material que puede presentar diferentes características, dependiendo del tipo de obra, de las técnicas constructivas, de la fase en que se encuentra la obra, de las características socio-económicas de la región, entre otros factores. No obstante, este tipo de residuo presenta alto potencial para reciclaje una vez que se compone de una cantidad significativa de materiales inertes, tales como el cemento, gravas, arenas, cerámicas, rocas, etc.

La experiencia internacional nos indica que reciclar el escombros, independientemente del uso que le fuera dado, presenta diversas ventajas, de las cuales se mencionan algunas a continuación:

- Reducción de los impactos ambientales y sociales debido al desecho inadecuado y de sus consecuencias negativas (inundaciones, deslizamientos de barrancos, propagación de enfermedades, contaminación, entre otras; ver figura 4.1);
- Optimización del uso de los terraplenes;
- Transformación de una fuente de gastos en una fuente de ingresos o, por lo menos, de reducción de los gastos de almacenaje;
- Reducción de costos en el presupuesto municipal con la eliminación de la gestión correctiva;
- Reducción de los costos de adquisición de materia-prima y preservación de las reservas naturales, debido a la substitución de materiales convencionales – arena, rocas, piedras entre otros;
- Creación de una alternativa para las escombreras, que están, cada vez más, sujetas a restricciones ambientales, teniendo que instalarse en terrenos alejados a los centros urbanos;

- Generación de empleos y rentas, con la creación de nuevas oportunidades de negocios;
- Producción de materiales de menor costo, y por lo tanto, una reducción del precio final de las construcciones (casas, edificios, vías, drenaje, elementos pre-fabricados, etc.);
- Contribución en el desenvolvimiento de acciones dirigidas a la minimización de los residuos y a la gerencia ambiental;
- Vinculación a acciones de educación ambiental y participación comunitaria, necesarias para la implantación del reciclaje.



Figura 4.1 Afectación por escombro a orillas del arroyo La Talaverna en los límites de los municipios de Pesquería y Apodaca

La práctica del reciclaje de escombros es un proceso ya consolidado en varios países. En los Estados Unidos, ese procedimiento es utilizado hace más de 20 años, en la producción de agregados para bases y sub-bases de pavimentos. En algunas regiones de Europa, el reciclaje es una cuestión cultural, que surge de la dificultad de obtención de materia prima natural (grava y arena) y de la poca disponibilidad de terrenos para su disposición final. En Holanda, por ejemplo, cerca de 70% del escombros es reciclado; en Alemania, cerca de 30% y, en la ciudad de Copenhague, en Dinamarca, aproximadamente 25%. [12]

4.2 COMPOSICIÓN DEL ESCOMBRO

En la actualidad, la cuantificación del volumen de producción y composición de los residuos de construcción y demolición todavía se enfrenta al problema de la falta de datos o estadísticas confiables en muchos países, lo que ha obligado hasta el momento (salvo en casos contados) a manejar estimaciones efectuadas a través de cálculos indirectos o basadas en muestras de limitada representatividad. Nuevo León no es la excepción, pues de acuerdo a lo que se mencionó anteriormente, a estudios de la Agencia de Protección al Medio Ambiente y SIMEPRODESO, se estima que en el estado se producen 4'905,619 toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial al año, de las cuales 1'898,000 toneladas son las calculadas que reciben las escombreras al año. [9]

Por otra parte, existen diversos factores que influyen claramente en el volumen y composición de los RCD generados en un determinado momento y ámbito geográfico. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- Tipo de actividad que origina los residuos: construcción, demolición o reparación/rehabilitación.
- Tipo de construcción que genera los residuos: edificios residenciales, industriales, de servicios, carreteras, obras hidráulicas, etc.

- Edad del edificio o infraestructura, que determina los tipos y calidad de los materiales obtenidos en los casos de demolición o reparación.
- Volumen de actividad en el sector de la construcción en un determinado período, que afecta indudablemente a la cantidad de residuos generados.
- Políticas vigentes en materia de vivienda, que condicionan la distribución relativa de las actividades de promoción de nuevas construcciones y rehabilitación de existentes o consolidación de cascos antiguos.

La tabla 4.1 presenta los principales materiales que se pueden obtener dependiendo del tipo de actividad que se realice, ya sea demolición o construcción, y el tipo de construcción en la que se trabaje.

ACTIVIDAD	OBJETO	PRINCIPALES COMPONENTES	OBSERVACIONES
Demolición	Viviendas	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas Recientes: ladrillo, concreto, hierro, acero, metales y plásticos	Los materiales dependen de la edad del edificio y del uso concreto del mismo en el caso de los de servicios
	Otros edificios:	Industriales: concreto, acero, ladrillo, mampostería Servicios: concreto, ladrillo, mampostería, hierro, madera.	Los materiales dependen mucho de la edad y el tipo de infraestructura a demoler. No es una actividad frecuente.
	Obras públicas	Mampostería, hierro, acero, concreto armado	

Construcción	Excavación	Tierras	Normalmente se reutilizan en gran parte.
	Edificación y Obras Públicas	Concreto, acero, ladrillos, bloques, tejas, materiales cerámicos, plásticos, materiales no férreos.	Originados básicamente por recortes, materiales rechazados por su inadecuada calidad y roturas por deficiente manipulación.
	Reparación y mantenimiento	Suelo, roca, concreto, productos bituminosos.	Generación de residuos poco significativa en el caso de edificación.
	Reconstrucción y rehabilitación	Viviendas: cal, yeso, madera, tejas, materiales cerámicos, pavimentos, ladrillo. Otro: concreto, acero, mampostería, ladrillo, yeso, cal, madera.	

Tabla 4.1 Clasificación de los residuos de Construcción y Demolición, de acuerdo con el tipo de actividad [13]

A continuación se resumen algunos de los datos disponibles en lo referente a producción de RCD en varios países de la Unión Europea, comparándolos con lo que se produce en el estado de Nuevo León, para dar una idea general de la situación en la que se encuentra actualmente con respecto a países con mayores avances en la materia. La disponibilidad de datos desglosados por orígenes de los residuos (construcción, demolición, reparación y rehabilitación) es muy reducida por lo que, mientras no se indique lo contrario, las cifras corresponden al conjunto de los RCD producidos.

Como puede verse en el contenido de la tabla 4.2, las cifras expresadas, varían ampliamente de un país a otro, lo cual refleja en buena medida los diferentes niveles de atención que los gobiernos y empresas privadas del sector prestan a este tema en los distintos ámbitos considerados. A este respecto, los valores estimados para Alemania, Dinamarca, Holanda y Reino Unido son los que cuentan con mayor respaldo, siendo por

otra parte estos países los que han profundizado más en la materia. Con lo que se puede ver que Nuevo León entra en una categoría intermedia de producción per cápita, por lo que las acciones para atacar ese problema, se deben comenzar para no llegar a límites incontrolables.

<i>País</i>	<i>Producción (miles T.)</i>	<i>Producción per cápita (kg./hab./año)</i>	<i>Observaciones</i>
Alemania	53,000	880	Sólo antigua RFA
Bélgica	7,000	700	(1)
Dinamarca	6,500	1.275	
España	35,000	900	
Francia	30,400	580	Datos de 1978
Holanda	14,000	940	
Irlanda	400	110	(1)
Italia	2,750	50	Datos de 1977 (2)
Luxemburgo	48	185	Datos de 1976 (2)
Portugal	400	45	(1)
Reino Unido	50,000	900	(1)
<i>Nuevo León</i>	<i>1,898</i>	<i>455</i>	

Tabla 4.2 Comparación de producción de RCD de los países de la UE y el estado de Nuevo León [13]

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

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

4.3 CONDICIONES LIMITANTES

La investigación en materia de reciclaje de residuos de la construcción se encuentra en continua evolución. La principal aplicación de estos productos es la producción de agregados que a su vez pueden ser destinados a fabricar concreto o servir directamente como bases en obras de carreteras.

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

Si bien es difícil evaluar la proporción de los materiales contenidos en los escombros que realmente se aprovecha, cabe estimar que en la práctica, la totalidad de los metales no férricos (especialmente cobre, plomo, zinc y aluminio) son recuperados para su reutilización o reciclado. En cuanto a los metales férricos (particularmente el acero), sólo las piezas fácilmente accesibles se recuperan, siendo todavía poco significativa la tasa de recuperación de acero del concreto armado. En cuanto a la madera, los porcentajes de recuperación varían entre 0 y 50% de unas zonas a otras, pudiendo adoptarse una estimación media del 20%. Para el resto de los residuos, los porcentajes de recuperación varían ampliamente en función de las áreas geográficas, las políticas y normativas existentes y la situación de los mercados.

En todo caso, merece la pena profundizar en los aspectos que pueden ser limitantes de las actividades de aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- *Condiciones de carácter técnico:* las cuales son prácticamente dos, entre las que se encuentra la influencia que las técnicas y prácticas de demolición utilizadas tienen en la calidad de los residuos obtenidos y, consecuentemente, en las posibilidades de aprovecharlos en condiciones económicamente viables. Como norma general, la capacidad de aprovechamiento de un residuo (o fracción del mismo) es mayor cuanto mayor es la pureza del mismo y menor la presencia de elementos indeseables para el futuro uso que se pretende. En este sentido, el sector de demolición tiene que ir desarrollando nuevos procedimientos, tales como la demolición selectiva. Es por eso, que la aplicación real de los mismos queda condicionada por aspectos económicos (incremento de los costos de demolición, existencia de cláusulas de penalización por demora en el plazo de demolición, entre otros).

La otra condición técnica es la limitación de las técnicas de separación de los fragmentos del residuo bruto, que son especialmente relevantes cuando se trata de conseguir un alto grado de reutilización o reciclado. Por otra parte, la recuperación absoluta de materiales correspondientes a fracciones minoritarias en los RCD plantea problemas técnicos cuando el residuo bruto se encuentra muy mezclado, a lo cual hay que unir la desventaja económica derivada de las pequeñas cantidades obtenidas y sus altos costos unitarios.

- *Condicionantes de tipo normativo o legislativo:* las cuales se representan, por una parte, en la regulación de la utilización de materiales reciclados o secundarios y por otra, en el establecimiento de una clara estrategia política de promoción de estas actividades a través de diversos mecanismos.

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

En el segundo caso, en la medida que una política clara está ausente de un determinado ámbito geográfico, los costos de eliminación sin aprovechamiento de los residuos de construcción suelen ser bajos como para ejercer un efecto que pueda disminuir su producción, y en cambio, pueda orientar hacia la reutilización o reciclado.

- *Condicionantes impuestos por el mercado de productos recuperados:* que pueden actuar en tres sentidos:

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

Por otra parte, los materiales recuperados suelen ser mucho más sensibles a las variaciones de la demanda en el mercado de los materiales vírgenes a los que pretenden sustituir. Es más, ciertos ámbitos donde la oferta de determinados materiales vírgenes es amplia, los costos de materiales recuperados no pueden ser competitivos, salvo en situaciones de extrema demanda.

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

- *Condicionantes directamente ligados a los costos de transporte:* son los costos que limitan en buena medida la viabilidad económica de la recuperación propiamente dicha, o cuando las distancias entre los lugares de producción, tratamiento y almacenamiento de los residuos y utilización final del producto resultante son tan grandes que superan el valor de éste para el usuario final.
- *Condicionantes derivados de los costos de eliminación de los residuos:* éste es un aspecto clave a la hora de evaluar la viabilidad global de la recuperación de componentes de los RCD, dado que, en la medida que resulte más costoso "deshacerse" del material como residuo puro, mayor será el interés del productor en encontrar una vía alternativa que pase por algún tipo de aprovechamiento.

Como se puede observar, existen diferentes factores que afectan de manera directa el proceso de separación de residuos, así como la demanda y manejo de nuevos materiales, producto del reciclaje de escombros. Por lo cual, hay que tomarlos en cuenta para el diseño de los procedimientos a seguir en la gestión de los residuos.

4.4 CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

Como es conocido, en diferentes grados, todos los trabajos de construcción y demolición traen consigo repercusiones ambientales, tales como producción de ruidos y

vibraciones, polvo, contaminación atmosférica, interferencia en el tráfico, entre otros. Es por eso que es importante recordar los aspectos ligados al transporte, tratamiento y/o eliminación de los residuos producidos por esta actividad.

Respecto al transporte de los residuos de construcción, esta actividad representa efectos similares a los de cualquier otro transporte pesado, tales como la contaminación del aire por medio de la emanación de gases, la producción de ruido y vibraciones, el consumo de recursos energéticos, etc. En este aspecto, la recuperación y reciclado de los RCD no genera una ayuda significativa, sin embargo tiene algunos beneficios en cuanto a disminuir los impactos ambientales asociados al transporte, debido básicamente a las reducciones de las cantidades de materiales a eliminar en lugares de vertido más distantes y de las cantidades de materiales vírgenes que también son traídos de lugares lejanos.

En cuanto a la eliminación de los residuos de la construcción, con el reciclaje y recuperación de éstos, el vertido controlado puede causar impactos positivos, siempre y cuando se realice con la finalidad de recuperar zonas degradadas o se utilice como material de cubierta en vertederos de residuos sólidos urbanos o similares. No obstante, el vertido de RCD puede causar también impactos negativos si se realiza de forma incontrolada o en zonas de alto valor ecológico y/o económico, ya que puede provocar problemas de inestabilidad geotécnica, o simplemente contaminación visual, la cual también es un problema que se tiene que atacar.

Por otro lado, el procedimiento de recuperación y reciclaje de los residuos de construcción también presenta aspectos ambientales tanto positivos como negativos. Entre los positivos, se pueden distinguir: las prolongación de la vida útil de los espacios de vertido, así como la conservación de los bancos de materiales y la disminución de la explotación de nuevas áreas naturales como lugares de extracción de recursos minerales, así como los ahorros de consumo de materiales “nuevos” o importados, la reducción del consumo energético asociado a la fabricación de productos a los que sustituyen, entre otros. En cuanto a la parte negativa, cabe destacar la generación de polvo, ruido, vibraciones y aguas residuales, las cuales son consideraciones que deben ser tomadas en cuenta para disminuirlas lo más posible, y así poder ser congruentes

con la actividad que se está realizando, la cual debe ser una ayuda al medio en general.

Por último, es importante mencionar los posibles impactos que se pueden producir sobre la salud de los trabajadores de estas plantas de tratamiento de RCD, causados por el inadecuado manejo y/o protección frente a componentes peligrosos que pueden existir en los RCD, tales como el asbesto (particularmente en algunos de demolición). Además, es de suma importancia tomar precauciones para evitar la inhalación de los polvos generados en este proceso. Es por eso que en el Anexo B, se presentan las recomendaciones de seguridad que se deben de tomar en las plantas de reciclaje de RCD.

4.5 COMPARATIVA DE MATERIAL NATURAL Y MATERIAL RECICLADO

Es indudable que la reutilización y el reciclaje de escombros para la creación de nuevos concretos, crea un gran beneficio ambiental para los ambientes urbanos que es cuantificable, pero sobretodo evidente. Sin embargo, de acuerdo a las exigencias de una sociedad en la cual hasta ahora el factor económico predomina por encima del factor ambiental, se hace necesaria la comprobación técnica acerca del desempeño de un material que utilizará escombros como agregados.

Es por eso, que se presentarán ejemplos que ayudarán a esa comprobación técnica, basándose fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- La factibilidad de uso para la creación de elementos de concreto; por lo que se tiene que revisar la resistencia del concreto realizado con escombros reciclados, a una fuerza de compresión cuando éstos alcancen la edad de 28 días.
- La posibilidad de uso en prefabricados de frecuente utilización en la construcción.

- Y la viabilidad de uso para material de base para carpeta asfáltica o de relleno en general.

Para este efecto, se mostrarán dos ejemplos acerca del comportamiento físico y mecánico de un concreto cuyos agregados naturales han sido reemplazados por agregados provenientes del reciclaje de escombros.

a. Pruebas para Universidad de Colombia [14]

El primer ejemplo es de una investigación realizada en 1998 por el arquitecto Carlos Mauricio Bedoya en su trabajo: “Confección del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción” en la Universidad de Colombia, con sede en Medellín. Donde el objetivo principal era demostrar la factibilidad técnica y económica de un concreto elaborado con agregados reciclados.

El proceso que se siguió fue el siguiente:

1. Se seleccionaron tres tipos de escombros:
 - a. Concreto resultante de una demolición
 - b. Ladrillo y mortero resultante de una demolición residencial
 - c. Material cerámico proveniente de azulejos rotos
2. Se trituró del escombros de manera separada, utilizando una trituradora de mandíbulas para un tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ ".
3. Se separó el agregado grueso del fino (clasificación de grava y arena).
4. Se realizaron los ensayos.

Se realizaron ensayos para medir el porcentaje de absorción del material, así como la resistencia al esfuerzo de compresión. Los resultados se observan en las siguientes tablas:

Muestra	% de Absorción	
	Agregados finos	Agregados gruesos
Agregados naturales	3.45 %	1.26 %
Reciclado de concreto	8.34 %	5.35 %
Reciclado de ladrillo y mortero	4.82 %	15.10 %
Reciclado de cerámicos	5.66 %	5.24 %

Tabla 4.3 Resultados del % de absorción en las pruebas de la Universidad de Colombia

En cuanto a la prueba de la resistencia al esfuerzo, se diseñaron mezclas con una relación A/C de 0.488. Para esto, se secaron los agregados para observar el comportamiento de la mezcla, y ser congruentes con los elevados porcentajes de absorción presentados.

Muestra	Resistencia a compresión	
	A 7 días (kg/cm²)	A 28 días (kg/cm²)
Agregados naturales	144	219.9
Reciclado de concreto	141.7	219.5
Reciclado de ladrillo y mortero	104.4	177.9
Reciclado de cerámicos	133.6	208.7

Tabla 4.4 Resultados de la resistencia a compresión en las pruebas de la Universidad de Colombia

* Se diseñó para una resistencia a los 28 días de 215 kg/cm².

b. Pruebas para el ITESM [7]

El segundo ejemplo es de una investigación realizada en el año 2001 por un grupo de estudiantes del ITESM, Campus Monterrey, en su trabajo: “El uso del cemento en el

reciclaje de los residuos de la construcción”. Donde el objetivo principal era demostrar la viabilidad de utilizar cemento Pórtland como factor primordial en la elaboración de nuevos concretos que contengan agregados reciclados.

El proceso que se siguió fue el siguiente:

1. Se tomaron cilindros de concreto, realizados en las clases de los laboratorios.
2. Se trituraron los cilindros, utilizando una trituradora de quijada con abertura entre 5 y 6 cm.
3. Se realizaron cilindros con la misma dosificación de arena, grava y cemento, para tres tipos de muestras:
 - a. Con agregados naturales
 - b. Con grava reciclada
 - c. Con grava y arena reciclada
4. Se realizaron los ensayos.

En esta prueba, la absorción se tomó del agregado reciclado con tamaño máximo de 3/4”, según la norma ASTM C29, dando un resultado del 7.95%. La dosificación fue tomando en cuenta una relación agua/cemento (a/c) de 0.41, y los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Muestra	Resistencia a compresión	
	A 7 días (kg/cm²)	A 28 días (kg/cm²)
Normal	219.9	346.8
Grava reciclada	330.4	412.4
Grava y Arena reciclada	276.4	357.8

Tabla 4.5 Resultados de la resistencia a compresión en las pruebas en el ITESM

Como podemos observar en los ejemplos presentados anteriormente, en cuanto a la resistencia a compresión, la mezcla de concreto hecha con agregados reciclados varía muy poco con respecto a la realizada con agregados naturales. Sin embargo, es de considerarse la absorción presentada por los agregados reciclados. En el primer ejemplo, se puede ver una mayor absorción de agua por parte de los agregados reciclados en comparación con el agregado natural, destacando la absorción que tienen los agregados gruesos, producto de la demolición de ladrillo y mortero.

Con ese primer ejemplo, podemos concluir que el concreto hecho con agregados reciclados no presenta variaciones considerables en cuanto a las propiedades a compresión. Sin embargo, se presentan diferentes resistencias, siendo el mayor el obtenido de la trituración de concreto, y el menor, el obtenido de ladrillo y mortero. Con lo que se comprueba que las características del agregado reciclado dependen de la fuente de donde se obtuvo.

En el segundo ejemplo, no existió comparación con el agregado natural en cuanto a absorción, sin embargo, el agregado reciclado también presentó un porcentaje considerable de este aspecto. No obstante, cuando se utilizó sólo grava reciclada, se presentó una mejoría en la resistencia del concreto, ya que la absorción provocó que la relación agua-cemento fuera menor, induciendo así a una mayor resistencia a compresión. Lo que nos permite concluir que cierta cantidad de absorción puede ser benéfica para la mezcla, sin embargo, en cantidades mayores perjudica a la misma, ya que el concreto llega a presentar grietas e incluso hasta quebrarse por falta de líquido en sus componentes.

Para poder tener una idea más general de las diferencias entre los tipos de agregados, continuación se presenta una tabla con las comparaciones más frecuentes entre los agregados naturales y los agregados reciclados.

<i>Agregados naturales</i>	<i>Agregados reciclados</i>
Los agregados se derivan de una variedad de piedras y se obtienen principalmente por métodos de superficie.	Los agregados se derivan del escombros de la construcción de caminos y edificaciones.
La explotación del recurso requiere monitoreo ambiental, altos costos de exploración y impuestos por explotación	No requiere monitoreo ambiental, costos por exploración y estudios de minas no aplican. Pueden tener costos por limpieza del sitio, ruido y polvo generado.
La calidad depende principalmente de las propiedades físicas y químicas de la cantera.	La calidad varía significativamente debido a la variación en tipo y las impurezas de las fuentes donde se obtiene el escombros.
Debe cumplir con las normas y especificaciones técnicas federales, estatales y locales para cada producto.	Debe cumplir con las normas y especificaciones técnicas federales, estatales y locales para cada producto.
El principal proceso consiste en quebrado, clasificación por tamaño, mezcla.	El procedimiento es similar al de los agregados naturales, pero el desgaste del equipo empleado puede resultar mayor debido al tamaño variable y la forma del material.
La ubicación depende de la presencia/ausencia de materia prima. La selección del equipo depende de numerosos factores técnicos, económicos y de mercado. La distancia y los costos de transportación entre los recursos, las instalaciones y el mercado afectan los usos finales.	La ubicación está determinada por el proveedor y el mercado. Localización, selección de equipo, disposición de la planta afectan la economía operacional. Las distancias y los costos de transportación afectan tanto a quién provee el material como al mercado.

La disposición de las canteras y las plantas, en parte determina la eficiencia de la empresa.	Quién recicla debe ser capaz de adaptarse a cambios en la entrada y salida de material para satisfacer los cambiantes requisitos de los productos.
El proceso se lleva a cabo generalmente en la cantera, en la mayoría de los casos fuera de los límites de la ciudad. Los recursos son útiles para múltiples productos.	El proceso se realiza por lo general en un área céntrica de la mancha urbana usando equipo móvil. El producto generalmente es limitado.
Plantas móviles, in-situ pueden usarse para proyectos de gran escala, sin embargo se requiere tiempo para la instalación, transportación y desmontaje.	Las plantas móviles generalmente se reubican de 4 a 20 veces por año, afectando la productividad, por el tiempo requerido para instalación, transportación y desmontaje.
Los productos son comercializados localmente o regionalmente, generalmente en el área urbana. Productos de más calidad pueden tener otros mercados, más amplios.	Los productos se comercializan localmente en áreas urbanas. Pocos productos puede limitar los mercados.

Tabla 4.6 Principales aspectos de comparación entre los agregados naturales y los agregados reciclados

Los productos reciclados tienen que competir con los materiales de construcción tradicionales, de ahí la necesidad de una calidad uniforme. En este sentido, es importante conocer cuál es el origen y la composición de estos residuos para conseguir una aceptabilidad futura del material reciclado.

El problema que parece ser común en los agregados reciclados es el revolver los distintos tipos de residuos en una obra, con lo que los agregados para confeccionar concretos y prefabricados estarían contaminados con limos y hongos que posteriormente originan reacciones al interior del material ya elaborado, afectando su

estabilidad, su estética y la vida útil dentro de la obra, lo que provocaría consecuencias bastante serias si estas reacciones suceden en elementos de tipo estructural. Sin embargo, es importante mencionar que estos cuidados también se tienen con el material proveniente de las canteras, por lo cual no debe tomarse como una debilidad del agregado reciclado, sino que debe verse como una de las tantas precauciones que se deben tener en el proceso de operación de cualquier material en la construcción.

V. PROPUESTA

5.1 PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Cuando se han considerado varias propuestas para lograr un objetivo en específico, es importante planear un proceso para la evaluación estructurada de la alternativa a elegir. En este caso, debido a las razones socio-políticas relacionadas con el desarrollo de una gestión para el manejo de los residuos sólidos y los programas del reciclaje, es de mucha ayuda el utilizar revisiones cuantitativas con un sistema con rangos cualitativos, los cuales pueden ser: bajo, medio o alto. Los siguientes cuatro parámetros generales pueden ayudarnos a lograr una evaluación más detallada para la mayoría de las situaciones: [15]

- El impacto de la propuesta
- La naturaleza económica de la propuesta
- La confiabilidad y la flexibilidad
- La facilidad de implementación

Para cada una de las áreas mencionadas, pueden aplicar varios parámetros cuantitativos. Por ejemplo, para el impacto de la propuesta, las consideraciones que se deben tomar pueden incluir: la diversidad del área de influencia y el número de materiales reciclados. En donde los valores con que se vaya a evaluar, deben establecer puntuaciones que indiquen los rangos bajo, mediano o alto. Para el número de materiales, un bajo rango puede incluir las propuestas que sólo arrojen de 1 a 3 materiales, mientras que de 4 a 6 sea un rango mediano y de 7 en adelante, sea un rango alto; donde los rangos bajos indiquen pocos beneficios, mientras que los altos, indican mayor ventaja para el desarrollo del proyecto.

Para la naturaleza económica de la propuesta, las consideraciones pueden ser el costo del capital, el costo neto por tonelada, basado en el valor actual del mercado, y el costo neto por tonelada sin tomar en cuenta el valor del mercado. Los estimados realizados

durante la fase de planeación del proyecto deben ser utilizados sólo con el propósito de identificar los rangos, ya que es muy complicado y no es completamente seguro que los estimados, en esa fase, sean los reales. Sin embargo, es un buen parámetro para definir si es conveniente o no el realizar dicho proyecto.

En cuanto a la confiabilidad y flexibilidad del proyecto, éstas deben ser juzgadas en base al tipo de materiales que se van a recuperar, la cantidad de material recuperable, la calidad del producto, la demanda del mercado para ciertos productos, la factibilidad técnica y la flexibilidad del sistema. Otra consideración importante tiene que ver con el hecho de tener la facilidad de implementar una aplicación alternativa, en el caso de que la operación principal no pueda ser realizada, es decir, alguna utilidad extra en caso de que el proyecto no sea tan exitoso como se pensó.

Y por último, para el caso de la facilidad de implementación, se debe determinar la aceptación del público en general, los requerimientos del terreno, el impacto con otros sistemas manejo y reciclaje de residuos, el tiempo necesario para la puesta en marcha y los requerimientos para su regulación. Regularmente, el tiempo para su implementación es subestimado o prolongado hasta el punto de que los proyectos son comprometidos por el impulso de la oposición.

5.2 PROCEDIMIENTO DE RECICLAJE DE RESIDUOS

En este apartado, se pretende proponer un procedimiento adecuado para el correcto reciclaje de los residuos de una construcción, tomando en cuenta la situación en el estado de Nuevo León, para así elegir el proceso más conveniente. Y es que no se puede dejar de observar que los restos generados en derribos, demoliciones y obras de remodelación no son los mismos en todos los casos, pero, en general, contienen más del 70% de materiales inertes, de origen mineral, que pueden reciclarse como agregados para distintos usos.

Lo ideal, y en algunos países se lleva a cabo, es efectuar una separación y selección previa de los materiales de desecho, apartando, para un posterior tratamiento en plantas de valoración y/o recuperación, los restos menos peligrosos (papel y cartón, madera, hierro, aluminio y otros metales, cristal, etc.) y los tóxicos y peligrosos (barnices, material aislante, pinturas, minerales pesados, disolventes, entre otros), que aunque son una parte mínima, hay que segregarse y tratar con sumo cuidado en instalaciones adecuadas.

En las obras nuevas se genera un porcentaje mayor de materiales no minerales (envases y cajas) y especiales (plásticos, pinturas, disolventes, etc.), que complican y encarecen los procesos de separación. Y es que la clasificación es un proceso que en nuestro país no se practica en ningún tipo de obra, por lo que los residuos generados en estos procesos suelen acabar, en vertederos de todo tipo, pero sobretodo en escombreras no registradas, pues en el caso del estado de Nuevo León, actualmente sólo se cuenta con el registro de cinco lugares de recolección de escombros.

En las plantas de tratamiento de RCDs más avanzadas existen dos líneas de entrada, según los restos lleguen mezclados o con una separación previa. En todo caso, una vez efectuada la separación, los restos minerales (concreto, gravas, azulejos, pavimentos, ladrillo, etc.) pasan por un proceso de cribado, para eliminar tierra, arenas y arcillas, y una posterior trituración. El producto resultante es conducido por una banda sobre la que actúa un electroimán que retira los materiales metálicos que aún puedan acompañar a los restos minerales. Posteriormente, se realiza una molienda más minuciosa y un cribado selectivo, mediante el que se obtienen y separan los agregados resultantes según una granulación prefijada, poniendo fin al proceso mecánico. [16]

Para mantener altos porcentajes de reciclado, es preferible una demolición selectiva y evitar la mezcla in-situ a la separación en el centro de reciclaje. Para que el reciclaje de los RCD sea económicamente viable, deben cumplirse las siguientes cuatro condiciones:

- los vertederos deben estar bien gestionados, los vertidos ilegales debe ser una excepción, además de sujeto de sanción

- el propietario de los residuos debe afrontar costos significativos por el vertido, con costos significativamente más altos para los residuos peligrosos o mezclados (para evitar la contaminación y la mezcla)
- debe existir la opción de triturar y separar la fracción inerte de mayor volumen de los RCD.
- debe existir un acuerdo de manera que se utilicen áridos procedentes de RCD adecuados en lugar de áridos primarios

El procedimiento propuesto para este proyecto, se puede observar descrito de manera gráfica en las figuras 5.1 y 5.2. Donde podemos ver que el proceso comienza en la recolección del material a reciclar, es decir, la recolección del escombro en el sitio donde se genera. Este procedimiento se realiza por medio de camiones de volteo, al igual que se hace normalmente con la recolección del escombro en general, por lo que para el usuario, este procedimiento no cambia su manera de laborar. Sin embargo, lo ideal sería el crear conciencia en todos los involucrados en esta industria, para que al generarse los residuos, se separen por tipo de material, para así hacer más sencillo y más económicamente viable el reciclaje de estos desechos.

Posteriormente, el residuo es transportado hasta la planta de reciclaje, donde es depositado en el área de recepción, donde manualmente y con ayuda de bandas transportadoras, se retiran los residuos que no son propios para esta actividad, como lo son maderas, plásticos, papel, cartón, metales, entre otros. Estos residuos a su vez son clasificados y valorados para su posible reutilización por otros métodos diferentes al descrito en este proyecto. Para este proceso, es necesario revisar las recomendaciones de seguridad para el manejo del concreto triturado, presentado en el anexo A.

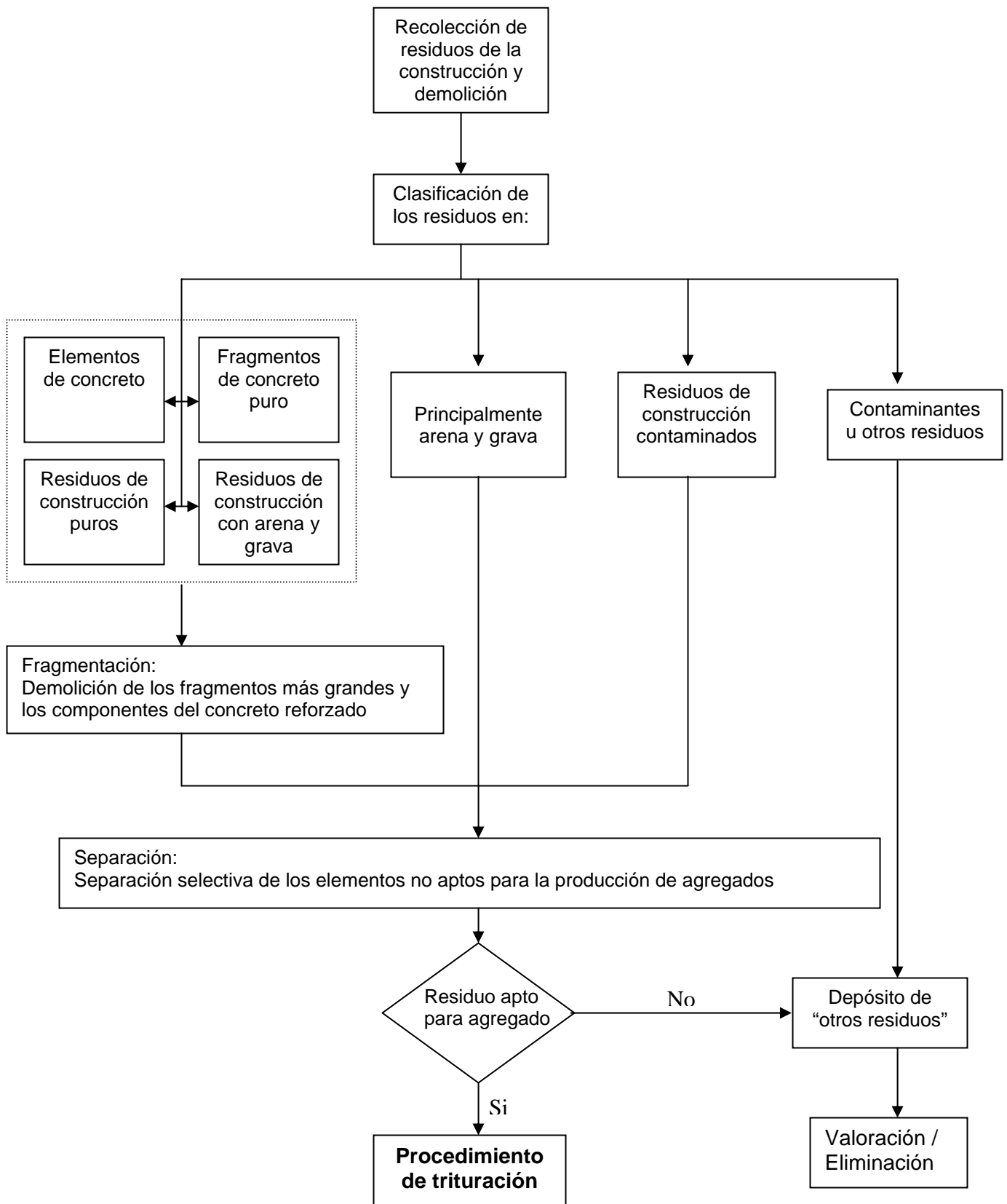


Figura 5.1 Procedimiento previo a la trituración

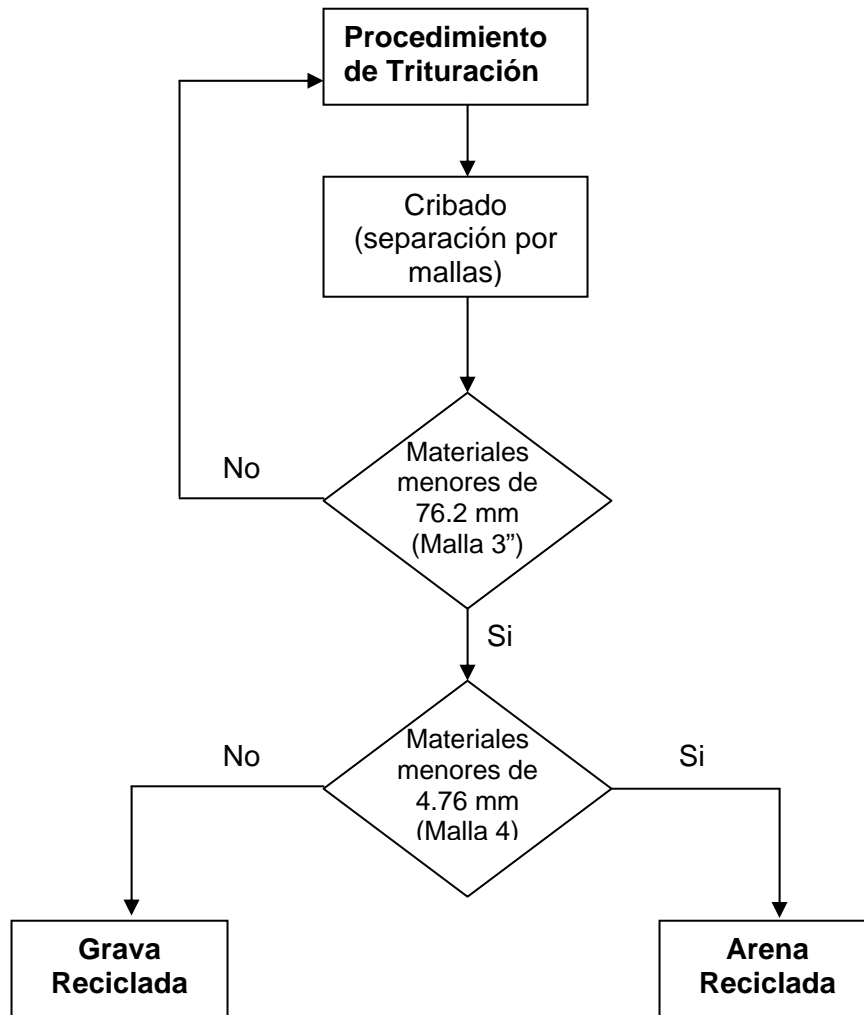


Figura 5.2 Procedimiento posterior a la trituración para la obtención de agregados reciclados

Una vez que los residuos son limpiados, tienen que ser clasificados dependiendo del tipo de materiales que contienen, ya sea concreto puro, concreto armado, residuos con arena y grava, etc. Esto con la finalidad de poder diferenciar y así determinar la calidad y el tipo de material que se va a producir, ya que entre más uniforme sean los materiales primarios, mejores rendimientos dará el producto reciclado. Esto se realiza tomando en cuenta varios factores, tales como las características el material inicial, los productos deseados, la cantidad y el tipo de material, la capacidad del mismo, factores económicos, etc.

El siguiente paso es la puesta en marcha de la trituración (Fig. 5.2), es decir, el material elegido es colocado en la maquinaria especializada para la trituración, la cual generará agregados de diferentes tamaños, pero obviamente más pequeños que el producto inicial. Este material es transportado, por medio de bandas, a una cribadora, no sin antes pasar por electroimán, el cual ayudará a terminar la separación de aquellos materiales metálicos que pudieran quedar en el proceso, como por ejemplo el acero de refuerzo que se encontraba en los concretos armados.

Una vez que se encuentra el material en la cribadora, con ayuda de mallas, el producto es seleccionado y clasificado de acuerdo a su tamaño. Todo aquel producto que no pueda pasar la malla con abertura de 3", es decir, que sea mayor a 76.2 mm, no puede ser considerado grava, por lo que debe ser devuelto a la trituradora para recibir un segundo tratamiento, lo que se conoce como trituración secundaria. Por otro lado, el producto que pase la malla No. 4, es decir que sea menor a 4.76 mm, ya es considerado arena y por lo tanto, el producto que queda en medio de las dos malla mencionadas, es el que se le llama grava.

Cuando se tiene separado el producto final, se clasifica de acuerdo a sus características, es decir, de acuerdo al material primario que se utilizó para su producción, y posteriormente es vendido para su reutilización en la industria de la construcción.

El objetivo de este complejo proceso es obtener un producto regular con un elevado grado de calidad, por lo que es muy necesario el llevar un estricto control de cada uno de las partes que conformas este proceso. Y sobretodo es de suma importancia la clasificación de cada producto obtenido, ya que esto representa la capacidad y las características de cada lote creado.

En la figura 5.3, se puede observar el procedimiento general, descrito anteriormente, que debe seguir la planta dedicada al reciclado de escombros. Los procesos pueden variar dependiendo de varias características como la región, el tipo de maquinaria, las necesidades que se van a satisfacer, entre otros. Sin embargo, se presentó este

procedimiento como una buena opción para las necesidades de nuestra región, y de acuerdo con el tipo de maquinaria que se propondrá a continuación.

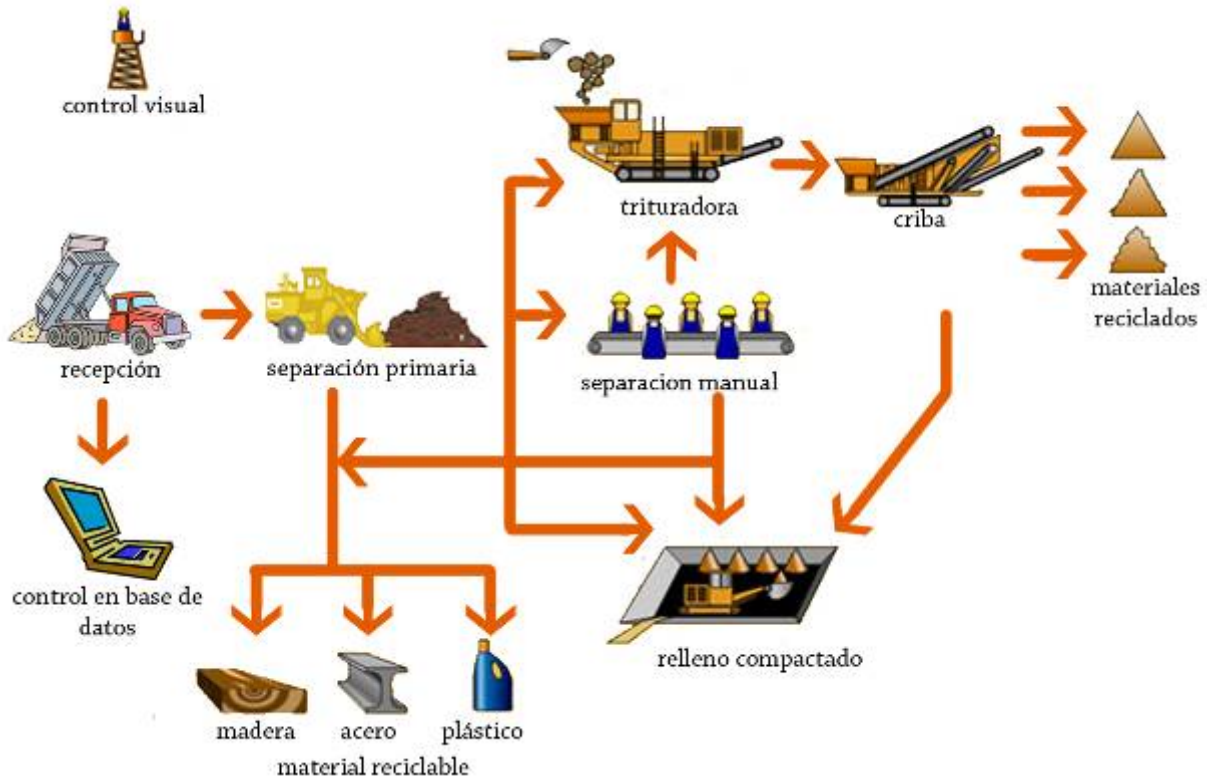


Figura 5.3 Proceso general de la planta para reciclado de escombros

5.3 MAQUINARIA NECESARIA PARA EL PROCESO

Existe un amplio rango de posibles soluciones técnicas que pueden aplicarse al reciclaje de los RCD, desde simples trituradoras móviles para la fracción inerte hasta centros fijos integrados que pueden tratar todo el rango de flujos de RCD. El objetivo de este apartado es presentar una propuesta de la maquinaria más adecuada para la implementación de una planta de tratamiento de residuos de la construcción en el Área Metropolitana de Monterrey.

Tomando en cuenta la idea central de la recuperación de la mayor cantidad posible de componentes de los RCD para la producción de agregados, las soluciones técnicas

dadas hasta la fecha se apoyan fundamentalmente en la puesta en marcha de plantas fijas, móviles o semi-móviles en las que se desarrollan uno o ambos procesos de separación de componentes y trituración fraccionada.

Las características detalladas de cada una de estas plantas y su grado de complejidad son variables según los casos, habiéndose alcanzado altos niveles de sofisticación en algunas de ellas. A modo de resumen, se incluye en la tabla 6 una estimación del número de ellas existentes en los países de la Unión Europea en 1990.

País	N. de Plantas	Observaciones
Alemania	+ de 300	
Bélgica	40	Información de Flandes. El 75% de planta son fijas.
Dinamarca	17	7 fijas, 7 móviles y 3 semi-móviles
España	1	Localizada en Barcelona
Francia	10	Estimación de las existentes en torno a París.
Holanda	60	45 fijas y 15 móviles
Irlanda	0	
Italia	5	la mayor parte son móviles
Portugal	0	
Reino Unido	9	3 fijas, y al menos 6 móviles

Tabla 5.1 Plantas de Tratamiento de RCD en la Unión Europea en 1990 [13]

Como se puede observar en la tabla 5.1, en México estamos atrasados varios años al respecto, pues mientras que hace más de 15 años, en Alemania ya existían más de 300 plantas, en nuestro país aún no existe ningún tratamiento de residuos de construcción. Sin embargo, hay que comenzar haciendo algo al respecto, siempre pensando que los efectos no serán inmediatos, y pasarán muchos años antes de alcanzar los porcentajes que hace años lograron los países nórdicos y centroeuropeos. Por no hablar de 90% que exhibe Holanda.

Por lo anterior, a continuación se presenta una propuesta para la maquinaria más adecuada para los procesos que se llevarán a cabo en nuestro territorio. Para esto, es necesario tener en cuenta varias consideraciones, tales como que el proceso de reciclado de RCD es relativamente simple, sin embargo requiere de equipo pesado de gran costo, capaz de manejar la variedad de materiales.

La tecnología, básicamente envuelve el triturado, el cribado y el mezclado para conseguir el material deseado. Las plantas de reciclado pueden ser utilizadas para la creación de grava y arena naturales, no obstante, las plantas que extraen estos productos naturalmente, difícilmente pueden ser utilizadas para el reciclaje, debido a que la mayoría del concreto utilizado en la construcción contiene metales y materiales de desperdicio que deben ser detectados y removidos desde el inicio del proceso, ya sea por medios manuales o con ayuda de la separación magnética.

La alimentación de los materiales a reciclar, puede ser no uniforme ni en tamaño, ni en composición, así que el equipo debe ser capaz de manejar esas variaciones de los materiales. El equipo también debe ser versátil y eficiente para la variedad de los materiales a utilizar.

El reciclado de los residuos, se recomienda que ocurra en áreas urbanas que permitan el adecuado acceso de los transportes. El sitio del reciclaje debe de localizarse cerca de las fuentes donde se obtiene la materia prima a procesar y cerca de los destinos del producto. La mayoría de las plantas fijas alrededor del mundo, tienden a tener entre 2 y 4 hectáreas, esto es relativo a la capacidad de cada planta.

La etapa principal en el proceso de reciclado de concreto es la trituración del material, la cual, generalmente se lleva a cabo en dos etapas: trituración primaria y trituración secundaria. Varios tipos de trituradoras son utilizadas en las plantas establecidas, cada una tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas. La tabla 5.2 presenta algunas combinaciones y consideraciones para estos equipos.

CATEGORIA	COMBINACIÓN QUIJADA/CONO	QUEBRADORA DE IMPACTO	COMBINACIÓN QUIJADA/RODILLO
CAPACIDAD	180 – 360 Toneladas por hora	90 – 360 Toneladas por hora	220 – 320 Toneladas por hora
VERSATILIDAD	La trituradora de quijada puede manejar las rebabas de acero y alambres; la de cono, no; ambas no manejan madera	Puede manejar una amplia variedad de materiales	Puede manejar las rebabas de acero y alambres
DESGASTE DEL EQUIPO	La cantidad de desgaste del equipo es baja	El desgaste es mayor que en la combinación de quijada/cono	El desgaste para la trituradora de quijada es bajo, pero alto para el rodillo si el material es abrasivo
ALIMENTACIÓN PRIMARIA	Puede manejar concreto; no recomendable para asfalto	Recomendable para concreto y asfalto	Puede manejar tanto concreto como asfalto
CONTROL DE POLVOS	Fácil de controlar	Más difícil de controlar	Fácil de controlar
INVERSIÓN DE CAPITAL	Alta	Aproximadamente la mitad que la combinación de quijada/cono	Alta
REQUERIMIENTO DE TRABAJO	No requiere mucha capacitación	Requiere de manejo capacitado	No requiere mucha capacitación
OTROS	El mantenimiento es crítico en la trituradora de cono	Amplia variación en el diseño de la trituradora	

Tabla 5.2 Comparación de características principales entre algunos tipos de trituradoras [17]

La inspección cuidadosa en el momento de la alimentación del material, detectando el material que debe ser retirado, ayuda a la prevención de paros y la conservación de la trituradora.

La trituradora descarga hacia una banda transportadora. La distancia libre entre los equipos debe ser por lo menos 1.22 mts. Distancias más amplias permiten que los pedazos de varilla caigan libres de la trituradora evitando que se atasque la máquina. Una distancia libre menor puede ser necesaria en plantas móviles para estar dentro de los límites de transportación. Generalmente, en este punto se recolecta manualmente el material de desecho.

Los imanes son parte importante del equipo cuando se trata de reciclar concreto, ya que ayudan a remover varillas y malla que se encuentran en los escombros de demoliciones. El esquema y diseño del separador (banda) es importante, y para ello, la banda transportadora debajo el separador magnético debe estar corriendo a la misma velocidad que el separador, para así lograr una eficiencia óptima.

Una vez que el material ha pasado por la trituración primaria, generalmente se criba para separar pedazos de material útiles de aquellos que son desecho. El material cribado puede ser enviado a la trituración secundaria, llevado a través de bandas para su almacenaje o enviado directamente a los proyectos de construcción.

La recolección / remoción de material de desecho puede ser minimizada mas no eliminada de una planta recicladora. Los operadores en las plantas fijas (permanentes) pueden ser selectivos con el material que aceptan, pero las plantas móviles aceptan casi todo el material disponible para procesarlo y re-usarlo en el sitio. En ambos casos, existen áreas / zonas de recolección manual localizadas antes del triturado como durante el proceso de cribado donde se separa papel, madera, plástico y otros desechos. En sitios donde se procesan varios materiales, el cargador y el operador de la trituradora también pueden ayudar a clasificar, mezclar y mantener el alimentador debidamente servido, mejorando la productividad de la planta.

Por último, debido a que las empresas recicladoras generalmente se localizan cerca de zonas urbanas, la necesidad de un buen sistema para el control de polvo es imperativa. Un sistema de riego por medio de rociadores cumple con los requisitos del control de polvo. Se ha comprobado que algunas mangueras pequeñas diseñadas para trituradoras móviles cumplen con los requerimientos reglamentarios.

5.3.1 Equipo propuesto

Antes de elegir el tipo de maquinaria, es necesario determinar la capacidad de producción de la planta, comenzando por definir la capacidad que debe tener el equipo para procesar. Para esto se tomaron los siguientes cálculos:

De las 1'898,000 toneladas anuales que se generan en el estado de Nuevo León, se tomó en cuenta que el 85% de la actividad laboral se encuentra en el Área Metropolitana de Monterrey. También se consideró que sólo el 40% del escombros puede ser un material adecuado para el reciclaje. Y por último se consideró que de ese margen de desechos de la construcción, la primera empresa dedicada a ese rubro, podrá captar un 40%. Los cálculos nos indican, que la planta tendrá una operación de 258,128 toneladas anuales, lo que se traduce a 88.4 toneladas por hora (tomando una jornada de trabajo de 8 horas). Con esto, podemos determinar que la capacidad mínima de la trituradora debe ser mayor a 88 toneladas por hora. Por lo que se considerará una maquinaria con mayor capacidad para tener un margen de crecimiento considerable.

Tomando en cuenta las características necesarias para el montaje de una planta de tratamiento de residuos de la construcción, que se presentaron anteriormente, y después de realizar un análisis detallado de las propuestas, se llegó a la conclusión de tomar en cuenta el equipo que se describe a continuación. Éste cuenta, principalmente de una trituradora portátil, de una criba también portátil y maquinaria de movimiento de tierras (cargador frontal, excavadora y camiones de volteo).

5.3.2 Sistema de trituración móvil sobre orugas

Para la selección del sistema de trituración, se tomaron varias opciones, y se llegó a la conclusión que la descrita a continuación es la mejor opción disponible en México hasta el momento, y con la cual se podría tener una buena asistencia técnica para lograr el funcionamiento más óptimo del equipo.

Se eligió una estación de trituración de impacto (puede ser utilizada como primaria o secundaria) sobre orugas marca Nordberg modelo LT-1110 [18], con dimensiones de 14.9 m de largo, 2.5 m de ancho, 3.4 m de alto y 32 toneladas métricas de peso. Consiste de una unidad de trituración primaria móvil montada sobre orugas para trabajar directamente en el frente del banco donde se realiza el volteo del material, con el objetivo de lograr una utilización más óptima de los espacios del terreno, es decir, tener más versatilidad en la distribución de las áreas a utilizar, además de reducir al mínimo el costo del acarreo y por consiguiente, el costo operativo de la planta.

La máquina esta equipada con su propio motor diesel que acciona dos bombas hidráulicas que a su vez accionan unidades motrices hidráulicas para todas las funciones de trituración y desplazamiento.

La trituradora es accionada por poleas y bandas V, a su vez accionadas por un motor hidráulico con lo que se consigue tener un control de la velocidad de operación del rotor. El tener un rango de velocidad de trabajo de la trituradora sin cambiar poleas, permite un mejor control de la curva granulométrica del producto que sale de la trituradora, desde luego dependiendo del tamaño promedio del material de alimentación.

El control se realiza seleccionando la velocidad deseada desde el Controlador Lógico Programable (PLC) de control y monitoreo del equipo, el cual es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. La característica de poder variar la velocidad del rotor de la trituradora también ofrece protección contra sobrecargas. El PLC ofrece protección adicional de paro de la planta ante cualquier anomalía como, alta

temperatura, baja presión, etc., ayudando al operador a identificar el problema por medio del historial de parámetros operativos que guarda en la memoria.



Figura 5.4 Estación de trituración de impacto Nordberg LT-1100

La unidad básica que consta de:

- Unidad de Alimentación, que contiene una tolva de alimentación de material con capacidad de 5 m³, que cuenta con extensiones abatibles hidráulicamente, además de un alimentador vibratorio escalonado en dos niveles, barras de separación con espaciado de 2 pulgadas, salida de despolve de los finos con compuerta mezcladora para desviar el material a la banda principal y la banda de despolve.
- Quebradora de Impacto de cuatro listones, que cuenta con una quebradora de impacto de una sola mampara extendida (40"X32"), martillos en acero al manganeso, un asistente hidráulico para apertura del equipo y un malacate de servicio para el mantenimiento del equipo.

- Banda principal de descarga frontal de 1,000 mm de ancho por 10 metros de largo.
- Motor diesel de 250 KW @ 1900 RPM
- Equipo adicional incluido, que consta de un control remoto para permitir la operación desde el cargador, chasis especial para trabajo pesado sobre orugas que incluye su sistema hidráulico, sistema eléctrico, panel de control, guardas para las correas, plataforma de servicio, barandales y escaleras, y por último, un sistema de control y extracción de polvos.

La trituradora es accionada por motor hidráulico, por medio de poleas y bandas. La gran ventaja de este sistema es que le permite al operador controlar la velocidad del rotor de la trituradora de impacto (por medio de un conmutador de 3 posiciones) dependiendo del tamaño y tipo de material que se esté triturando, para así mantener el índice de reducción y la granulometría del producto, también se consigue un control del desgaste de las piezas en contacto con el material y por consiguiente un menor costo por tonelada por consumo de elementos de desgaste.

Dependiendo de la demanda de carga del motor de la trituradora, automáticamente se controla la velocidad del alimentador para mantener el nivel de carga del equipo y maximizar su eficiencia.

5.3.3 Planta de cribado móvil sobre orugas

El proceso siguiente a la trituración es el cribado del material, es decir, la clasificación según el tamaño. Esto se logra mediante la ayuda de mallas que, dependiendo de su abertura, dejan pasar o retienen diferentes tamaños de las partículas del material que se encuentra en el proceso.

Para la selección del sistema de cribado, la mejor opción encontrada es la que se propone con una Criba móvil sobre orugas marca Nordberg modelo ST-352 [19], la cual

está diseñada para un uso rudo, pues su constitución es más robusta que la mayoría de las cribas, lo que ofrece mayor durabilidad. Cuenta con una tolva de recepción para 7.5 m³, con rejilla en la parte superior. La altura para la carga es de 3.2 metros con un ancho de 4.6 metros. Dispone de patas de soporte mecánicas en la parte frontal de la tolva, y todos los componentes van montados sobre un chasis fabricado en acero.



Figura 5.5 Criba móvil sobre orugas Nordberg ST-352

Además, cuenta con las siguientes características:

- Bandas transportadoras instaladas, que permiten un menor tiempo de instalación, evitando la necesidad de bandas externas. Las bandas de alimentación y la de rechazo, tienen velocidad variable para hacer eficiente el cribado. Cuenta con ajuste en la inclinación en las bandas laterales hasta el nivel horizontal para la alimentación de otra banda y/o mantenimiento que permiten una capacidad de apilamiento de 161 m³.
- Plataforma de mantenimiento de fácil acceso y paros de emergencia en tres estaciones.
- Arrancador de velocidad variable, que permite variar la velocidad de la banda de rechazo haciendo la operación más segura.
- Barras de separación de tolva hidráulicas, operadas a control remoto desde la cabina del cargador, con opción de ajuste en el cierre de las barras. También son removibles si se operan con una trituradora primaria y secundaria.
- Criba de 5' X 12', de dos pisos y dos rodamientos.

- Control Remoto, para limpieza de la tolva de alimentación y para el movimiento de la planta.
- Motor de 4 cilindros refrigerado por líquido con 110 HP de potencia.

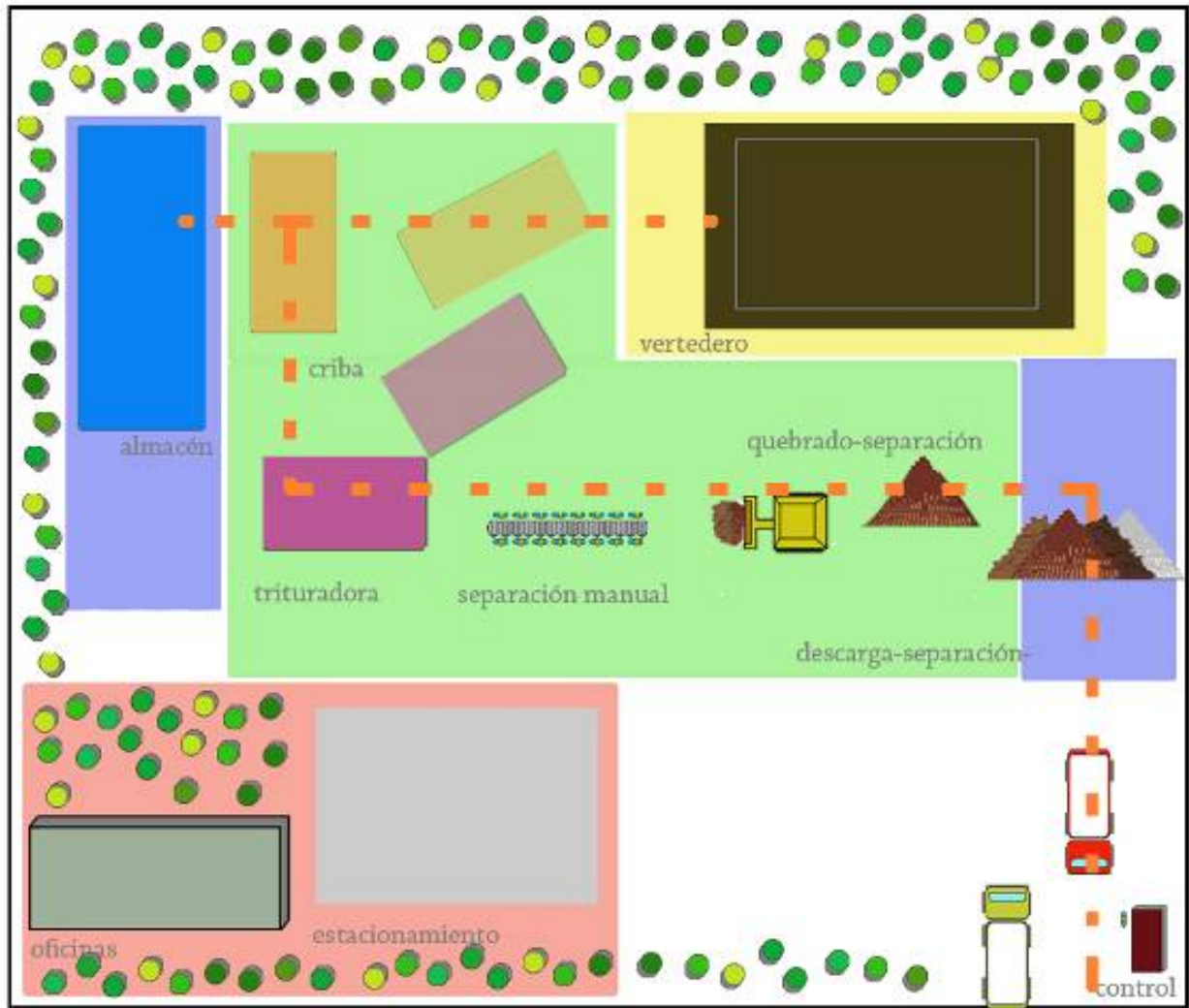
Además, la unidad cuenta con un sistema de automatización por PLC que monitorea y protege el equipo por sobrecarga, alta temperatura, presión de aceite, etc., que controla la velocidad de la criba para una mayor eficiencia de cribado y permite la comunicación entre el sistema automático de la planta primaria y la planta secundaria.

5.3.4 Distribución de la planta

La localización, la selección del equipo y la distribución de la planta son aspectos que, en la mayoría de los casos, son críticos para la eficiencia de la operación del reciclaje. El equipo determina el tamaño y el tipo de impacto del desarrollo del proyecto. Algunos de los aspectos que deben ser considerados para las plantas recicladoras son: la cantidad de espacio que la planta necesita para sus operaciones, las consideraciones del área de descarga de la trituradora, los requerimientos y efectividad de la separación magnética, la separación de los residuos y el control del polvo.

Una empresa de reciclaje puede no ser apropiada en todas las situaciones. Sin el layout y diseño apropiado, sin la eficiencia del equipo y los operadores, sin una estrategia de mercadotecnia creativa, muchas empresas de reciclaje pueden fracasar. Es por eso, que en la figura 5.6 se presenta una propuesta de distribución de la planta recicladora, donde se aprovechan los espacios, tomando en cuenta que se propusieron equipos móviles, lo que ayuda a la mejor optimización del terreno. Se pueden observar las 4 áreas principales en las que se divide la planta: administrativa, productiva, almacenes y de relleno.

Por último, es importante notar que el tener áreas verdes, ayuda a la sustentabilidad del proyecto, además que evita la contaminación visual, aunado a que los árboles sirven para amortiguar el impacto por ruido y polvo que se pueda generar en el proceso.



SIMBOLOGÍA:



Figura 5.6 Distribución propuesta para la planta recicladora

5.5 APLICACIONES DEL MATERIAL RECICLADO

Una vez definidos los procesos y los equipos que se van a utilizar para el reciclado de escombros, es importante determinar cuáles son los usos que tendrá el material que se está generando. Para eso es necesario, primeramente, clasificar los agregados de acuerdo a su origen. Por lo que, de acuerdo a la Unión Internacional de Laboratorios y Expertos en Materiales de Construcción (RILEM), se clasifican en:

- a) Agregados tipo I: originados en los escombros de mampostería
- b) Agregados tipo II: se originan principalmente en escombros de concreto
- c) Agregados tipo III: son los que consisten de una mezcla de agregados reciclados y agregados naturales. Esta composición debe cumplir con al menos un 80% de agregados naturales y un máximo del 10% de agregados tipo I.

Estos agregados deben de cumplir los siguientes requisitos:

Requisitos Obligatorios	RCAC Tipo I	RCAC Tipo II	RCAC Tipo III	Método de Prueba
Densidad mínima de partículas secas (kg/m ³)	1500	2000	2400	ISO 6783 Y 7033
Máxima absorción de agua (% m/m)	20	10	3	ISO 6783 Y 7033
Contenido máximo de material con SSD < 2200 kg/m ³ (% m/m)	-	10	10	ASTM C123
Contenido máximo de material con SSD < 1800 kg/m ³ (% m/m) ^a	10	1	1	ASTM C123
Contenido máximo de material con SSD < 1000 kg/m ³ (% m/m y v/v)	1	0.5	0.5	ASTM C123
Contenido máximo de materiales extraños (metales, vidrio, metales suaves) (% m/m)	5	1	1	Visual

Contenido máximo de metales (m/m)	1	1	1	Visual
Contenido máximo de material orgánico (% m/m)	1	0.5	0.5	NEN 5933
Contenido máximo de material de relleno (< 0.063 mm) (% m/m)	3	2	2	prEN 933-1
Contenido máximo de arena (<4 mm) (% m/m) ^b	5	5	5	prEN 933-1
Contenido máximo de sulfatos (% m/m) ^c	1	1	1	BS 812, part 118

Tabla 5.3 Requisitos obligatorios de acuerdo con la clasificación de los agregados, según la RILEM [20]

^a Condición saturada y superficialmente seca (SSD)

^b Si se excede del contenido máximo de arena permitido, esta parte de los agregados deberá ser considerada junto con la fracción total de arena.

^c Contenido de sulfato soluble en agua calculado como SO₃

En el caso de Estados Unidos, el uso de agregados reciclados es una actividad que ha comenzado a aumentar considerablemente. Sobre todo después de la investigación técnica y de campo realizada por la Administración Federal de Caminos (Federal Highway Administration) donde se estudió cómo algunos Estados ya han superado la barrera ideológica y técnica de reciclar el concreto. [21]

En este estudio se identificaron las aplicaciones específicas, así como sus limitantes y beneficios a la hora de implementarlos. Las especificaciones, prácticas constructivas y los retos de implementación también se hicieron notar.

En esta investigación se destacó el estado de Texas como líder en el uso de concreto reciclado, en el Departamento de Transporte del Estado (TxDOT).

A continuación se enlistan algunas aplicaciones de los agregados reciclados de residuos de concreto, que cumplen la normatividad del TxDOT, según las especificaciones estándar del 2004. En el Anexo C, se presentan las especificaciones

acerca de la utilización de los agregados reciclados para la elaboración de concreto hidráulico, la cual se aplica en la mayoría de los conceptos en los que se mencionan.

- Taludes de concreto en ríos
- Base flexible para caminos
- Tratamiento contra limos
- Tratamiento de Ceniza Volante
- Tratamiento de cemento
- Tratamiento para asfaltos
- Concreto para pavimentos
- Reparación de pavimentos de concreto
- Concreto hidráulico (no estructural)
- Pedraplenes
- Registros y pozos de visita
- Concreto Estampado y Adoquines
- Concreto para cordones y cunetas
- Intersecciones, caminos vecinales.
- Banquetas
- Barreras separadoras de concreto
- Postes de cercas
- Soportes para señalizaciones de tráfico
- Cimentación para dispositivos para el control del tráfico

El TxDOT ha usado agregados reciclados de concreto durante los últimos 10 años y ha superado muchas limitaciones. A continuación se presentan algunas de ellas.

- En un principio usar agregados reciclados en concreto nuevo trajo problemas con la manejabilidad de la mezcla. El problema estaba asociado a la absorbencia del agregado y la dificultad de mantener la superficie uniforme y consistente del agregado seco. Sin embargo este obstáculo fue superado por el productor, al incluir en su proceso el mojado del agregado, así como controles de humedad en el agregado.
- Investigaciones han identificado un aumento en la contracción cuando se usan RCA en concreto nuevo. Esto puede ser un problema considerable si se usa RCA en concreto estructural. Por eso no se usa RCA en concreto estructural. Actualmente sólo se ha usado estructuralmente en algunos casos y está siendo monitoreado.
- Había una percepción de que el agregado reciclado era material de desecho y por eso su calidad era inferior. Para superar este problema, los RCA se han usado donde es mínimo el riesgo y tiene un alto potencial de desempeño.

- El esfuerzo de compresión era muy bajo y existían problemas con la manejabilidad. Según los estudios realizados, los agregados finos reciclados fueron identificados como los causantes de estos problemas. Se determinó como máximo un 20% de agregados finos reciclados para evitar estos problemas.
- No existía información sobre los beneficios económicos y el desempeño de los RCA y la gente no los usaba. Aún hoy no hay mucha información, pero ya existe la experiencia de 10 años.
- Existía la percepción de que se elevarían los impactos ambientales al usar materiales reciclados. Para esto se han establecido mecanismos, tales como la documentación del abastecimiento de desechos, para identificar la fuente de dichos materiales.
- El uso de agregados reciclados como material base ha producido algunos problemas en el relleno y compactación. Trabajar demasiado en la base de RCA segrega los materiales, es por eso que se necesita dar forma al agregado. En cuanto a la compactación, ésta debe ocurrir mientras el agregado esté saturado para ayudar a la pérdida de finos en la mezcla.

Como podemos observar, las aplicaciones de los agregados reciclados son muchas, sin embargo, aún existen muchas áreas para explorar en esta materia, por lo que en unos años, gracias a los estudios que se realizan actualmente, estas aplicaciones serán mucho mayores y más diversas.

VI. PLAN DE PROYECTO

El plan de proyecto es un documento que sirve para fijar un objetivo en las actividades que se pretenden realizar. Es fijar un camino por el cual se estará trabajando, para así lograr visualizar, de manera general, los posibles resultados que arrojará el proyecto. Es un apartado donde se presenta una descripción del potencial que se puede presentar en el mercado, un análisis económico de la propuesta, así como el análisis general de las estrategias del proyecto, proponiendo objetivos estratégicos, los cuales ayudan a obtener ventajas competitivas que ayudarán a un mejor posicionamiento de la empresa. También tiene como objetivo el presentar planes que favorecen el rumbo del proyecto, además de presentar los posibles riesgos que podría atraer el llevar a cabo el proceso, lo que dará un punto de comparación para la decisión de la aceptación o rechazo del mismo.

6.1 OBJETIVOS ESTRATEGICOS

Para poder lograr un objetivo específico, es necesario fijarlo y delimitarlo muy bien. Por lo que es de suma importancia el hecho de hacerlo desde el principio, fijándose metas muy específicas y claras, para poder dar el rumbo correcto a las acciones que se van a llevar a cabo durante el proceso. Es por eso, que en el caso del sistema de recolección y reciclaje de escombros, determinamos cuatro objetivos principales mediante los cuales se basará el rumbo de las actividades. Estos propósitos darán una ventaja competitiva a la empresa si se llevan a cabo correctamente:

a. Enfoque de Negocio

Como se ha mencionado anteriormente, los servicios que se pretenden realizar son los de recolección de escombros en el sitio de la obra, así como el transporte a la planta, donde se procesan para darles un segundo uso. Por lo que las actividades del proyecto se pueden resumir en:

- Recolección de los desechos producto de la construcción y demolición, en el lugar donde se generan.
- Clasificación de los escombros y procesamiento de los residuos de concreto para la elaboración de agregados reciclados.

Una vez bien definidas las actividades específicas que se realizarán, es más sencillo enfocar los siguientes objetivos.

b. Liderazgo en la Región

Debido a que sería la primera empresa, en la región, dedicada al reciclaje de los RCD, debe ser pionera en todos los aspectos relacionados a esta actividad. Sin embargo, debe mantener siempre estándares que le permitan mantener ese puesto como primera y mejor empresa de reciclaje de la construcción. Para esto es necesario mantener una política de mejoramiento continuo, donde se mantengan como principales objetivos:

- Confiabilidad, para darle al cliente la tranquilidad de que está recibiendo un servicio o un producto de calidad.
- Costo, el cual siempre deberá ser menor que los productos obtenidos de la explotación de los recursos naturales. Para lo cual es necesario hacer eficientes todos los procesos del proyecto.
- Calidad, lo cual se logra manteniendo un estricto control de los procesos. Con esto se logra satisfacer los objetivos anteriores, ya que teniendo calidad, se logrará crear una confiabilidad con el cliente, y una reducción de los costos, ya que la producción será más eficiente.
- Servicio, este es uno de los objetivos más importantes, ya que es la parte en la que se tiene contacto con el cliente, quien es el objetivo final de toda compañía. El dar un servicio que vaya más allá de las expectativas del cliente, trae resultados que se pueden ver traducidos en beneficios tanto para la empresa, como para la ecología y la sociedad en general.

c. Enfoque de Ventas:

Como toda empresa orientada a un negocio, debe tener bien claro el enfoque de lo que genera las ganancias, lo que son las ventas. Y es que las estrategias de ventas son puntos clave para el éxito o el fracaso de cualquier empresa. Es por eso que para este proyecto, se definen dos grandes rutas de ventas:

- Venta del servicio de recolección de escombros: a pesar de que es un servicio, es importante verlo como un punto de venta, ya que es una entrada de dinero a la empresa y sobretodo una parte importante del proceso general de la misma. Es de suma importancia, crear planes para el mejoramiento continuo del servicio, así como su publicidad para poder llegar al mayor número de clientes posibles.
- Venta del producto reciclado: esta es la parte más importante de todo el proceso, pues es la que generará el mayor número de ganancias, así como el mayor número de gastos. Este servicio se puede dividir en dos ramas: el servicio directo a las obras, es decir, la venta de agregados a los clientes que lo utilizarán en sus obras; y el servicio a corporativos dedicados a la venta de materiales, el cual se debe lograr mediante negociaciones más detalladas y a largo plazo. Esta segunda rama es a la que se debe enfocar más los esfuerzos de venta, pues serían contratos a largo plazo y con una entrada constante.

d. Enfoque de Servicio:

A pesar de que las ventas son el punto principal del negocio, no debemos olvidar que el servicio es una situación primordial para lograrlas, ya que del servicio se desprende la relación con el cliente, generando así negocios a largo plazo.

La principal estrategia es brindar al cliente un servicio que cumpla todas sus necesidades y vaya más allá de sus expectativas. Para lo cual es necesario tener en cuenta varios aspectos, de los cuales podemos destacar los siguientes:

- *Servicio personalizado*: para esto, se necesita llevar una base de datos de todos los clientes, para así poder ir analizando las necesidades particulares de cada uno, y así poder satisfacer realmente sus necesidades, pues como sabemos, cada cliente es diferente.
- *Puntualidad*: es importante cumplir con lo que se le indica al cliente, efectuando un servicio rápido y puntual, para lo cual es necesario tener una logística detallada y bien planeada de todas las rutas, ya sea para recolección o para entrega de material.
- *Rapidez*: no es únicamente la puntualidad lo que le interesa al cliente, sino que el tiempo que se le indica para recibir el servicio, sea lo más pronto posible. Esto es con la finalidad de que el abastecimiento de los materiales, no sea un problema o una preocupación más en las obras. Es una buena aportación el darle la confianza a los clientes de que el producto que necesiten se les proporcionará con una rapidez suficiente para elaborar correctamente sus trabajos y así cumplir con sus tiempos. Para esto, es necesario conocer las necesidades de los clientes, y así poder elaborar ciertos tipos de materiales que son los que necesitarán en su momento, y lograr estar preparados para cuando los necesiten.
- *Soporte técnico*: debido a que los productos del reciclaje son muy variados, es necesario dar a conocer al cliente el tipo de material más adecuado a las necesidades particulares de la actividad que está a punto de realizar. No se trata de sólo vender productos, sino de hacer que el cliente esté satisfecho con el servicio, y sobretodo que el servicio sea de acuerdo a sus necesidades.

Existen más objetivos estratégicos que se pueden elaborar, sin embargo, consideramos que estos eran los principales y más generales, de donde se pueden desprender todos los demás.

6.2 ESTRATEGIAS DEL PROYECTO

Una vez propuestos los objetivos estratégicos del proyecto, procedemos a proponer las estrategias que pueden ayudar al mejor funcionamiento del proceso. Para esto, se presentan los modelos de negocio que se pueden implementar en cualquier punto del desarrollo del negocio, para así lograr mayores beneficios.

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
Recolección directa de escombros	<p>Es la recolección puntual y ordenada de los materiales de desperdicio, producto de la construcción y demolición, realizada en el sitio donde se generan. Se realiza con la finalidad de limpiar el lugar de los desechos generados.</p>
Recolección compensada	<p>Al igual que la recolección directa, se realiza el acopio de los escombros, con la novedad de que el camión realiza una entrega de material procesado antes de recoger el material de desecho. Esto es, como si fuera un trueque de materiales, benéfico para ambas partes, pues mientras que el cliente recibe el servicio de limpia del lugar y entrega de material “bueno”, el que da el servicio recibe materia prima para su proceso. Además que de un solo viaje se obtiene el provecho de los dos servicios, lo que reduce el costo para ambas partes.</p>

<p>Recolección selectiva</p>	<p>Este tipo de recolección se realiza por medio de contenedores puestos en el sitio de la obra, en los cuales deben ser depositados los desechos producto de la construcción y demolición, de forma selectiva. Esto es con la finalidad de evitar la posterior selección y el mejor aprovechamiento de los residuos a reciclar. Es el tipo de recolección de escombros ideal, a la cual se debe buscar llegar en algún momento en nuestro país, pues con esto se puede aprovechar al máximo, no sólo el reciclaje del concreto, sino de los demás residuos de la construcción.</p>
<p>Contrato de recolección selectiva</p>	<p>Es la variante de la recolección selectiva, en la que existe un contrato desde inicios de la obra, en la que ambas partes se comprometen a trabajar en conjunto, pues los constructores se comprometen a separar el escombro dentro de los contenedores y la empresa de reciclaje tiene el compromiso de pasar, en un plazo determinado, a la obra a recoger los materiales de aquellos contenedores que estén a punto de llenarse, con la flexibilidad de acudir en días extraordinarios, cuando el cliente lo requiera.</p>
<p>Venta de agregado reciclado directo</p>	<p>Es la venta de material reciclado como agregado para concreto u otros usos. Se puede realizar la entrega en el sitio donde será utilizado, o directamente en la planta de reciclado. El material reciclado será de acuerdo a las necesidades del cliente, dependiendo del uso que se le dará.</p>

<p>Venta de agregado reciclado a proveedores</p>	<p>Debido a que la mayoría de las construcciones menores, realizan la compra de agregados a distribuidores generales de materiales de construcción. Una estrategia sería el buscar el mercado de estos proveedores, ya que serían un intermediario entre el cliente final y la empresa dedicada al reciclaje. De aquí se pueden generar contratos a largo plazo y con un flujo de material constante, lo que le daría más fluidez al proceso.</p>
<p>Contratos a la medida</p>	<p>Analizando el mercado que tendrían estos servicios, se puede concluir que la variabilidad de los servicios a prestar puede ser muy grande. Es por esto que se debe tener la flexibilidad de adaptar contratos según las necesidades propias de cada cliente. Esto es una estrategia que daría valor agregado en los servicios, además que crear una buena estrategia para crear una ventaja con los posibles competidores.</p>

Tabla 6.1 Estrategias de negocio para el funcionamiento del proyecto

Como se puede ver en la tabla 6.1, existen muchas estrategias que pueden ser utilizadas para el mejor funcionamiento del proyecto, sin embargo, se presentaron éstas por ser consideradas las más significativas.

6.3 PREMISAS ECONÓMICAS

Para poder analizar detenidamente el potencial que puede tener nuestro proyecto dentro del mercado de la industria de la construcción, es necesario revisar los antecedentes y proyecciones de la economía tanto nacional como local, así como ver los comportamientos en el ámbito de la construcción.

En el ámbito internacional, en 2004, la economía mundial registró un crecimiento del 4.1%, el más alto desde 1988. Los principales motores de crecimiento fueron las economías de Estados Unidos (4.4%) y la de China (9.2%).

- El mayor riesgo económico se mantiene sobre E.U.A., ya que aunque el dólar ha ganado terreno contra otras monedas, el déficit que presenta sigue siendo el más grande de su historia.
- Por otro lado, se mantiene la presión de las monedas asiáticas de revaluarse, lo que presionará al euro.

En la tabla 6.1 se presentan los pronósticos de los crecimientos de las economías de algunos países hasta el año 2008. Como se puede observar, la economía Mexicana creció 4.4% en el 2004 y se prevé un crecimiento económico constante para los próximos años, que es casi a la par del promedio de los países a nivel mundial, lo cual permite pronosticar cierta estabilidad, es decir, se ve una solidez financiera para México.

	2004	2005	2006	2007	2008
México	4.4	4.0	3.9	3.6	3.5
E.U.A.	4.4	3.8	3.2	3.0	3.3
C. Europea	1.8	1.6	2.3	2.4	2.3
Japón	2.9	1.9	1.9	1.5	1.4
India	6.7	7.4	7.8	7.3	7.2

China	9.2	8.1	7.3	8.0	8.4
Brasil	5.1	4.1	3.7	3.6	3.6
Chile	5.9	5.6	4.4	4.4	4.3
Mundial	4.1	3.5	3.4	3.3	3.4

Tabla 6.2 Pronósticos de los crecimientos de algunas economías

Fuente: Oxford Economic Forecasting

Para poder observar mejor lo mencionado anteriormente, es necesario ir un poco más a fondo. Esto se logra observando la tendencia del comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), a nivel nacional y local, en cuanto a la cuarta división general, que es la construcción. El PIB es la medida del valor de todos los bienes y servicios finales producidos en una economía durante un determinado período que puede ser trimestral o anual. El PIB puede ser clasificado como nominal o real. En el primero, los bienes y servicios finales son valuados a los precios vigentes durante el período en cuestión, mientras que en el segundo los bienes y servicios finales se valúan a los precios vigentes en un año base. En este caso, en las gráficas siguientes, se revisará el PIB real, tomando como año base los precios del año 1993.

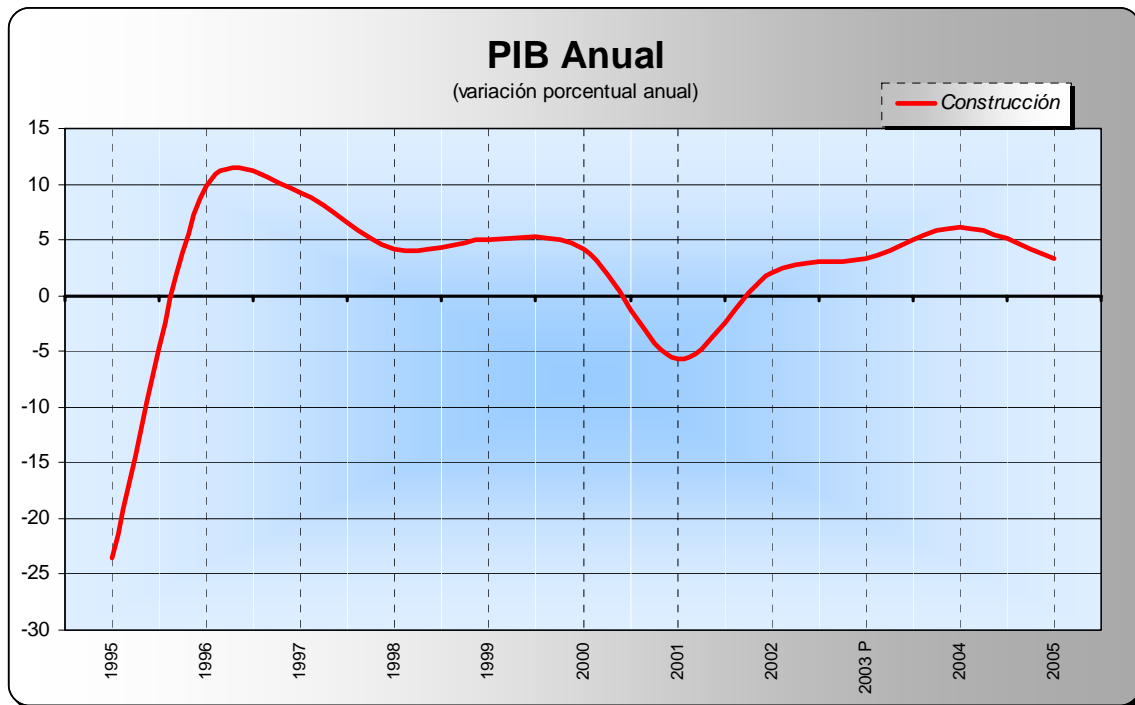


Figura 6.1 Variación porcentual Anual del PIB en la Construcción en México

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

En la figura anterior, podemos observar que la variación del producto interno bruto con respecto a la construcción, en la mayoría de los casos es positiva, lo que significa que sigue un crecimiento constante, a excepción de los años 1995 y 2001 en los cuales existieron retrocesos. Con eso se observa que los cambios en el poder ejecutivo, cada sexenio existe un rezago en la construcción, por lo que hay que prever esta situación en los proyectos de inversión a largo plazo. Sin embargo, si analizamos más a profundidad, es decir, con el PIB trimestral, podremos observar en la figura 6.2, que en los últimos años sigue una tendencia positiva, no obstante, se observa que cada inicio de año se tiene una baja considerable. Con eso, podemos llegar a la conclusión que los últimos trimestres del año son en los que se presenta mayor actividad en la construcción.

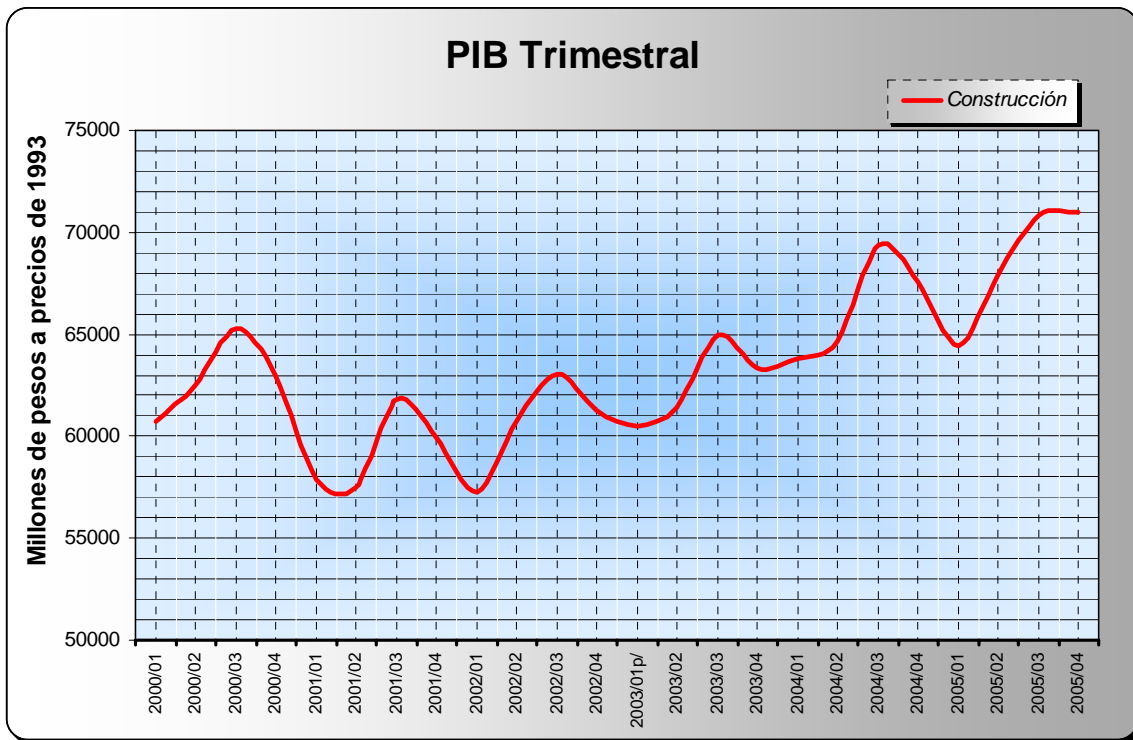


Figura 6.2 PIB de la Construcción en México, a precios constantes (base 1993)

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Por otra parte, si observamos las variaciones que sufre este indicador cada trimestre, con respecto al mismo trimestre del año anterior (figura 6.3), podemos ver que hace dos décadas, las variaciones eran muy significativas de un año a otro, ya sea positivas o negativas, sin embargo, en los últimos años se ha podido reestablecer una estabilidad positiva (figura 6.4). Pero no debemos olvidar los desequilibrios que existen en cada sexenio, y que muy probablemente se vuelvan a repetir en esta ocasión.

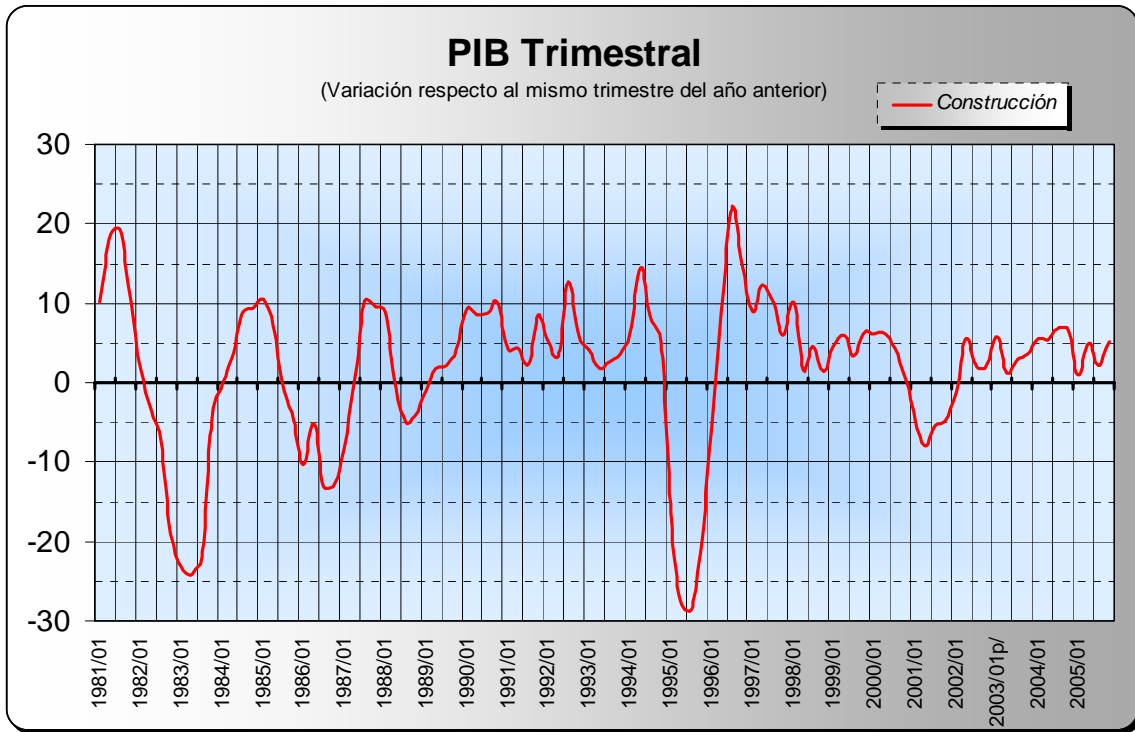


Figura 6.3 Variación trimestral del PIB de la Construcción en México (1981-2005)

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

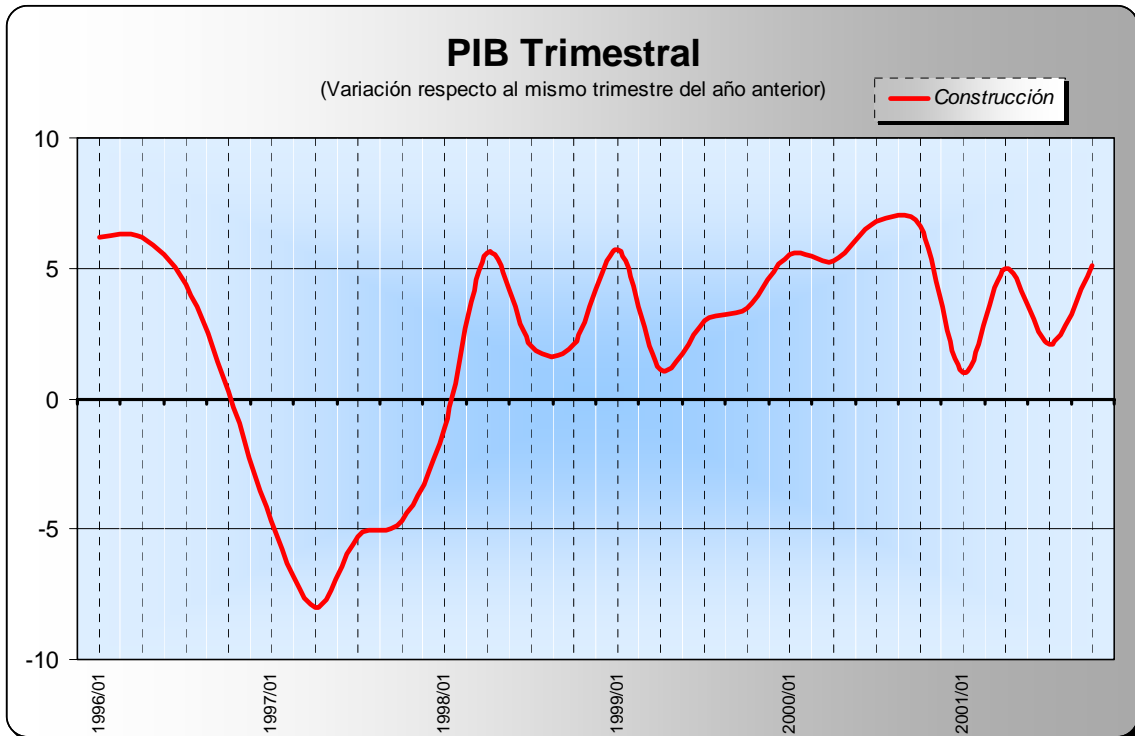


Figura 6.4 Variación trimestral del PIB de la Construcción en México (1996-2005)

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Si observamos el caso particular del estado de Nuevo León (figura 6.5), vemos el mismo comportamiento que el país en general, con la diferencia que después de la decaída del 2001 no fue tan fuerte, no así la recuperación para los siguientes años, donde se observa un crecimiento más acelerado que en la tendencia nacional, lo que proporciona mejores expectativas para el proyecto de reciclaje en este estado.

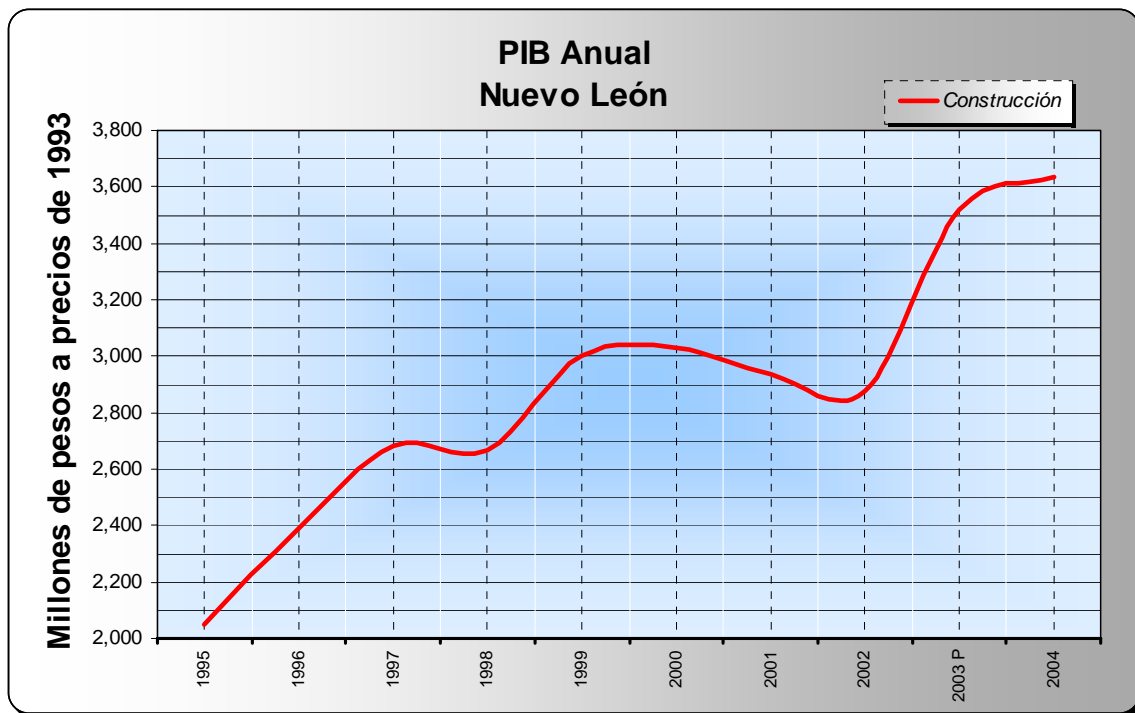


Figura 6.5 PIB de la Construcción en Nuevo León, a precios constantes (base 1993)

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Otro indicativo que podemos analizar es el índice de precios de la industria de la construcción. En la figura 6.6 tenemos el ejemplo de la construcción residencial, con lo que podemos observar que el incremento en los precios antes del año 2000 era muy acelerado, y a partir de esa fecha sigue creciendo, pero a un ritmo menor, incluso en los últimos 2 años se ha mantenido estable. También en ésta gráfica se presenta la comparación de Nuevo León con el promedio del país, y se perciben los mismos rangos, por lo que se puede decir que la tendencia que sigue este estado es casi igual a la del resto del país.

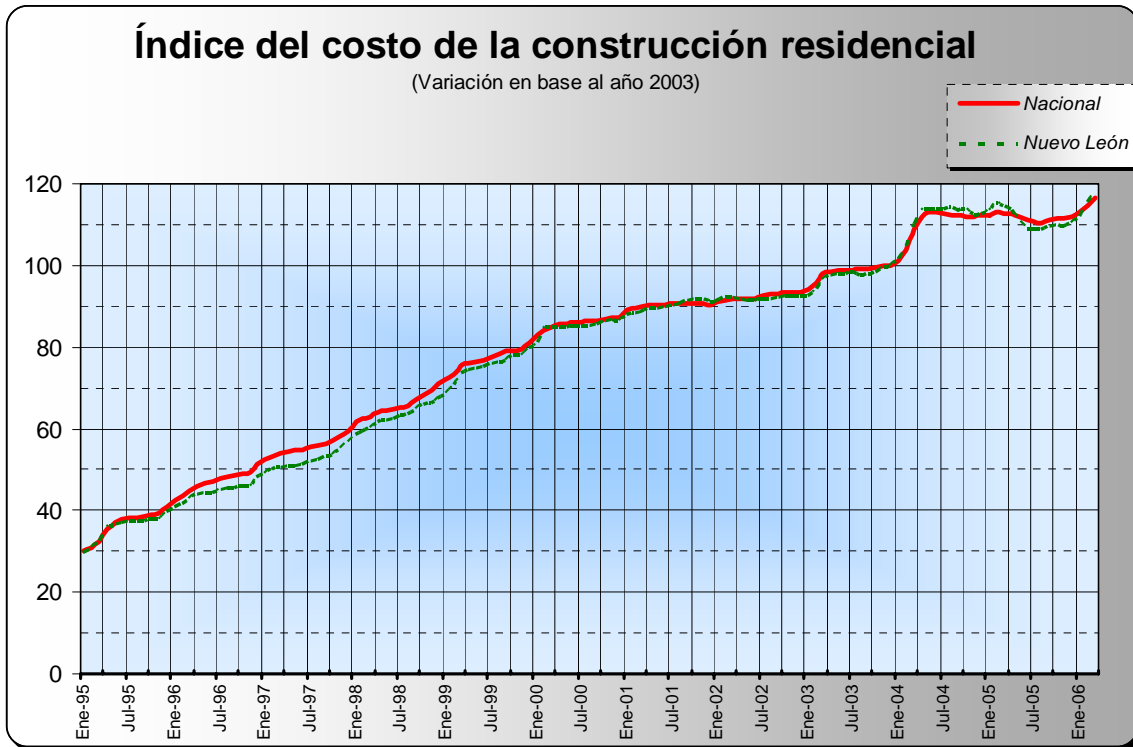


Figura 6.6 Comparación del índice de precios de la construcción residencial en México y en Nuevo León (variación en base a precios del 2003).

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

Tomando en cuenta lo anterior, podemos llegar a la conclusión que la situación del país y del estado de Nuevo León, en cuanto a construcción tiene tendencia positiva, lo que da lugar a una estabilidad que puede beneficiar cualquier proyecto relacionado con esta industria. Sin embargo, no podemos olvidar aquellas variaciones que pueden desestabilizar cualquier proyecto si no se prevén, como lo son aquellos estancamientos en cada cambio de presidente de la República, para los cuales hay que estar preparados, tratando de formar una base sólida en el tiempo restante.

También, y de manera particular, no hay que perder de vista que cada inicio de año, la economía en la construcción tarda en despegar, provocando que los proyectos bajen el ritmo de trabajo, por lo que la actividad de la recolección de escombros y producción de agregados reciclados también se verá afectada cada inicio de año.

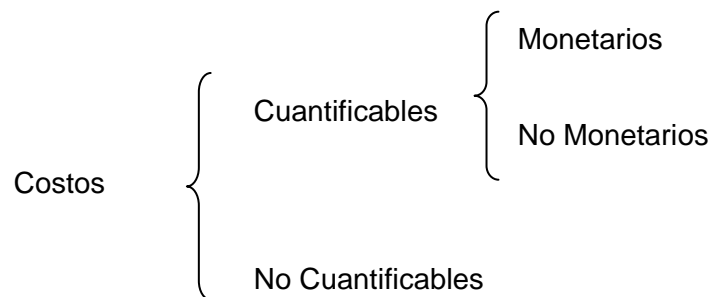
6.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Los costos de tratamiento de los RCD en estas plantas, dependen en gran medida del grado de complejidad de las mismas o, dicho de otro modo, del nivel de pureza que presentan los residuos a la entrada. Para poder realizar un buen estudio de los costos de la implementación de una planta de procesamiento de residuos de la construcción, es necesario, primero identificar todos los factores que intervienen en este proceso, es decir, identificar los gastos y analizar las ganancias que se tendrán con este proyecto. Una vez detallados, se procede a realizar el análisis para determinar el grado de rentabilidad del proyecto.

6.4.1 Identificación de los costos

En este apartado, se intenta presentar al lector, la descripción de los costos del proyecto. Se definen como costos del proyecto, en el aspecto económico, aquellos recursos reales escasos consumidos y los efectos negativos que, de alguna manera se derivan de la puesta en marcha de dicho proyecto.

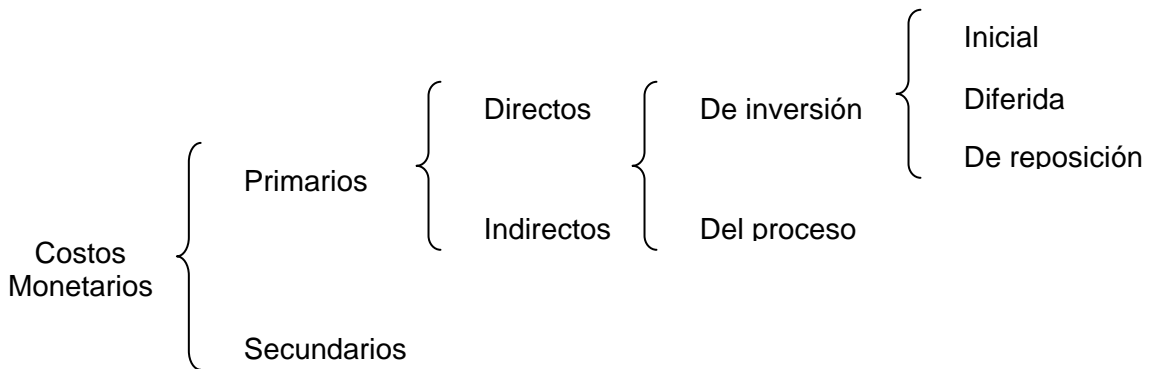
Los costos de un proyecto pueden clasificarse de acuerdo a la cuantificación y valoración de cada uno de ellos, quedando de la siguiente manera:



De lo anterior, podemos definir a los costos cuantificables a aquellos costos que son susceptibles a ser medidos en cualquier tipo de unidad, ya sea o no monetaria. No obstante, como su nombre lo indica, los costos no cuantificables son aquellos que, debido a su propia naturaleza o a dificultades técnicas, no pueden clasificarse. Por lo que pueden existir proyectos que producen efectos sociales o ambientales de difícil o imposible cuantificación, pero que son susceptibles de una razonable calificación.

Por otra parte, los costos cuantificables no monetarios son aquellos que no pueden expresarse en unidades monetarias, como queda explícito en los proyectos, o falta de ellos, que contribuyen a la degradación ambiental derivada de la explotación desmedida de los recursos naturales.

Por su parte, los costos monetarios pueden ser clasificados de acuerdo a la manera en que se generan:



Donde los costos primarios del proyecto están constituidos por el valor de los bienes y servicios utilizados para el establecimiento y explotación de la infraestructura que el proyecto pretende implantar, es decir, todos los costos que son derivados por la actividad que se pretende realizar, que en este caso es el reciclaje de los residuos de construcción, en específico del concreto.

Los costos primarios pueden ser directos o indirectos. Los costos directos son los constituidos por el empleo de aquellos bienes y servicios necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto, es decir, aquellos gastos que se generan por el proceso

principal, tales como el costo de las maquinas, su mantenimiento, el personal que labora directamente en el proceso, etc. En cambio, los costos indirectos son aquellos que, no siendo imprescindibles para alcanzar los fines del proyecto, contribuyen a una mejor utilización del mismo, como es el costo de las oficinas, y del personal administrativo.

Por otra parte, los costos primarios pueden clasificarse, de acuerdo a su naturaleza, en costos de inversión y costos del proceso. Los costos de inversión son aquellos que se realizan al inicio del proyecto, es decir, los necesarios para el arranque del mismo. Son los que se realizan al momento inicial, de inversión diferida o costos diferidos en el tiempo, y los de reposición, los cuales son aquellos que son preciso realizar para reponer aquellas partes de la infraestructura que lo requieran.

En cambio, los costos del proceso son los que se producen a lo largo de la vida del proyecto y son necesarios para el buen funcionamiento de la infraestructura a implementar. En este grupo, entran los conceptos de operación, mantenimiento, control, ejecución, consumibles, entre otros.

Por su parte, los costos secundarios son aquellos derivados de actividades económicas anteriores o posteriores a la primaria o inducida por el proyecto y que son consecuencia de la realización del mismo, así como los ocasionados por economías externas derivadas del proyecto. Estos gastos son aquellos producidos por el manejo de materiales diferentes al proceso principal de reciclado de concreto, como lo son los generados por la disposición de materiales como plástico, madera, acero, entre otros. Dadas las dificultades inherentes a su cuantificación, no se tendrán en cuenta en los cálculos, sin embargo es preciso identificarlos y cuantificarlos en la medida de lo posible, ya que en determinados casos pueden llegar a tener una importancia superior a la de los costos primarios y, por lo tanto, su consideración deberá llevarse a cabo de una manera más detallada.

Dentro del proyecto de reciclaje de RCD, los costos primarios pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Costos de Inversión

Dentro de este grupo, se incluyen los gastos correspondientes a los siguientes conceptos:

- a. Adquisición del terreno: Se requiere un terreno de entre 2 y 4 hectáreas para el suficiente espacio para las maniobras de operación. Este gasto puede ser en la compra del terreno o la renta del mismo. Este terreno debe tener una vía de acceso rápido para no entorpecer el tráfico en las inmediaciones, además que debe estar lo suficientemente cerca de la mancha urbana para disminuir los costos del transporte. Pero lo suficientemente separado de la urbanización para no afectar la actividad normal de la sociedad.
- b. Adecuación del terreno: Una vez que se adquiere el terreno, es necesario hacerle adecuaciones o adaptaciones, que pueden ir desde el despalme del mismo, así como el seccionar las áreas indicadas para cada proceso o para cada tipo de material.
- c. Adquisición de la maquinaria: Como se mencionó anteriormente, la maquinaria más significativa en costo y adquisición es el sistema de trituración móvil y el sistema de cribado sobre orugas, que fueron descritos en capítulos anteriores. Sin embargo, éste no es todo el equipo que se requiere, pues hay que tomar en cuenta el equipo necesario para el movimiento del material, el cual puede ser una excavadora y un cargador frontal o una retroexcavadora para movimientos menores. Además, se debe considerar una banda transportadora para la selección y clasificación inicial del material que se recibe. Para éste último, se requiere que la retroexcavadora cuente con un rotomartillo que pueda seccionar aquellos trozos de material que tengan dimensiones mayores a las que se pueden manejar en la trituración. También en éste concepto, hay que tener en cuenta los camiones de volteo necesarios para la recolección y transportación del material a procesar, y posteriormente a vender.
- d. Construcción de oficinas administrativas: Para este concepto, no se requieren de grandes instalaciones, ni de un área muy extensa, por lo

que para este análisis se considerará un área de 80 m², en donde se podrá llevar a cabo un buen proceso administrativo.

- e. Urbanización: Es un concepto necesario para dar abastecimiento de servicios a las oficinas, así como proporcionar un área de estacionamiento para clientes.
- f. Imprevistos: Este es un factor poco tomado en cuenta, sin embargo es de vital importancia considerarlo, ya que en todos los proyectos existen variaciones que pueden, incluso impedir la puesta en marcha del proyecto. Éste debe ser un porcentaje del costo total de la inversión, por lo que se considerará un 5%.

2. Costos del Proceso

Como su nombre lo indica, este grupo incluye a todos aquellos costos que se generan por la operación normal del proceso que se realiza. En este caso, los conceptos principales que quedan en este grupo son:

- a. Administración: Son los gastos que se generan de la actividad de gestión del proceso y manejo de la planta en general. En éste se incluyen los sueldos de las personas que dirigen los procesos, así como los gastos generados en la oficina.
- b. Operadores: Es el costo que se produce con el manejo del personal que utilizará las máquinas, al igual que aquellas personas que laborarán en la separación y clasificación de los residuos, es decir, son los costos directos del proceso que se realiza.
- c. Mantenimiento: Como su nombre lo indica, son los costos que se generan en la conservación y mejoramiento continuo de la maquinaria y los procesos. Es un costo de vital importancia, ya que la maquinaria es una de las inversiones iniciales de mayor consideración, y es trascendental mantener un buen funcionamiento del equipo, para el mejor aprovechamiento y rendimiento de los trabajos.

- d. Servicios: Este es un costo no tan significativo, sin embargo constante, ya que es necesario mantener los servicios básicos para la operación de la planta, así como las oficinas.
- e. Gastos de Venta / Publicidad: Es un concepto muy importante, ya que sin éste, no se podrá mantener un lugar competitivo en el mercado al que se pretende llegar. Es necesario mantener un contacto con el público en general para hacer que los servicios de esta planta estén a la vista de todos para cuando se necesite.

Los costos explicados anteriormente, se estiman que sean los expuestos en la siguiente tabla:

EROGACIONES	
COSTOS INICIALES	\$ 11,110,000
Terreno	\$ 9,750,000
Adaptación de terreno	\$ 750,000
Oficinas	\$ 430,000
Urbanización	\$ 180,000
Imprevistos	\$ 555,500
MAQUINARIA	\$ 11,850,000
Banda transportadora	\$ 430,000
Trituradora	\$ 4,950,000
Criba	\$ 2,820,000
Retroexcavadora	\$ 500,000
Cargador frontal	\$ 1,250,000
Excavadora	\$ 1,350,000
Camiones de volteo	\$ 550,000
OPERACIÓN	\$ 910,000
Administración	\$ 480,000
Operadores	\$ 180,000
Mantenimiento	\$ 170,000
Servicios	\$ 30,000
Gastos de venta / publicidad	\$ 50,000

Tabla 6.3 Estimado de erogaciones del proyecto de reciclaje de escombros

6.4.2 Presentación de diferentes situaciones

Se presentaran diferentes escenarios en los que puede situarse nuestro proyecto, desde una situación muy conservadora, hasta una situación más positiva, a la cual se podría llegar al conjuntarse varias situaciones que ayuden al desarrollo del proyecto. Esta comparativa se medirá en base a la Tasa Interna de Retorno (TIR), que es el indicativo de la tasa de rendimiento que provoca la inversión en un tiempo definido.

Se presenta que los ingresos se toman en cuenta sólo por el proceso de recepción de escombros y la venta en la planta de materiales reciclados, dejando fuera los ingresos generados por el transporte del material al sitio de trabajo, es decir, sólo se toman en cuenta las ganancias por el manejo del material, y no por su transportación.

Para poder obtener el precio del servicio de recepción y de venta del producto reciclado, se tomó como base las tablas que se presentan en el Anexo D, con los precios que se manejan actualmente en el mercado. Con estos precios, se buscó proponer uno menor, para así poder competir de manera directa con los proveedores indicados, además de no tomar en cuenta los costos del transporte. Quedando un precio por recepción de material de \$6.00/m³, y de \$70.00/m³ de material reciclado

a. Escenario conservador

Se plantea este escenario, teniendo en mente la dificultad que será introducir este proceso en la vida cotidiana de la industria de la construcción. Para esto, se estimó un crecimiento lento en los ingresos, donde se alcanza la producción esperada, la cual se presentó en el capítulo 5, de 88 toneladas por hora de agregados reciclados, en un lapso de 4 años.

Como se puede observar en la tabla E.1, la TIR que arroja el proyecto es de 0.15%, en siete años. Con esto, se puede obtener una idea de que el proyecto, en esta situación, no es rentable si es que se quiere tener una inversión a 7 años.

Para tener una idea de los porcentajes, la tabla 6.4 presenta la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE), la cual es tomada, en muchas ocasiones, como base para los intereses que se generan en una inversión bancaria. Por lo que en este caso, daría más rendimiento el invertir el dinero en cualquier banco.

POSTURAS	INSTITUCIONES PARTICIPANTES
7.4500	ScotiaBank Inverlat, S.A.
7.4600	IXE Banco, S.A.
7.4700	Banco Invex S.A.
7.5000	Hsbc México S.A.
7.5200	Banco Nacional de México S.A.
7.7500	Banco Santander Serfin S.A.
7.8000	BBVA Bancomer, S.A.
Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio: 7.5250%	

Tabla 6.4 Resultados Generales para determinar la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 91 días correspondiente a la sesión del día 3 de mayo de 2006.

Fuente: Banco de México [24]

b. Escenario esperado

Aquí se plantea la situación de alcanzar la producción propuesta en un lapso de un año. Así mismo, se estima tener un mayor número de entradas por acción de la recepción del escombros.

En la tabla E.2 podemos observar que la TIR es igual a 16.05% después de impuestos. Esto es, 8.5% mayor que la TIIE, lo cual indica que esta es una mejor opción que el invertir el dinero en el banco.

c. Escenario esperado con pagos diferidos del terreno

Esta es una variación de la situación anterior, proponiendo el pago del terreno a crédito en 4 años. Se elige este pago, por ser el de mayor peso monetario.

Como podemos ver en la tabla E.3, la TIR se reduce un punto porcentual que el escenario anterior, llegando a 15.08%, debido al incremento en el costo que tiene el terreno causado por el financiamiento. Sin embargo, el beneficio se encuentra en que el capital necesario para el arranque del proyecto, disminuye de 23.551 millones a 16.159 millones.

d. Escenario esperado con varios pagos diferidos

Viendo la situación del escenario anterior, se propone que además del terreno, se paguen diferidamente la maquinaria a utilizar: la banda transportadora, la trituradora, la criba, la retroexcavadora, el cargador frontal y la excavadora.

Los resultados se pueden observar en un aumento en la TIR a 18.97% y una disminución en el capital necesario para el arranque del proyecto a 6 millones de pesos (ver tabla E.4). Por lo que se puede decir que el realizar pagos a crédito es una buena opción para mejorar la rentabilidad del proyecto. Con esto logramos 11.44% más que la TIIE, lo cual también indica que esta es una mejor opción que el invertir el dinero en el banco.

e. Escenario ideal

Por último, se toma en cuenta la capacidad del equipo de trituración, la cual es de 250 toneladas por hora. Esta condición se podría lograr conjuntando varios factores que son descritos más adelante, en el tema 6.6 “Planes que favorecen el rumbo del proyecto”, donde se necesita tanto la participación de la sociedad en general, como de las autoridades.

Como se puede ver en la tabla E.5, en estas condiciones, se logra una TIR del 77.47%, esto es casi un 70% mayor que la inversión bancaria, lo que resulta una situación muy atractiva a la cual se puede invertir.

En cuanto a los resultados, podemos observar que la rentabilidad del proyecto depende mucho del entorno que le rodea, pues como puede ser un proyecto que no genere ningún interés, puede llegar a ser una inversión atractiva, si se llegase a conjuntar situaciones del entorno, para crear un escenario ideal. Por lo tanto, hay que trabajar en el contexto del proyecto, para lograr convertirlo en una realidad con beneficios económicos, además de los ambientales y sociales.

6.5 VENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Cuando se exponen importantes ventajas de la reutilización y el reciclaje de escombros para elaborar nuevos concretos, es indudable que el beneficio ambiental para los ecosistemas urbanos es evidente, basta con mencionar que si se reciclara al menos un 40 % de los escombros producidos en el Área Metropolitana de Monterrey, se estaría hablando de aproximadamente unas 2080 toneladas que no llegarían diariamente a rellenos sanitarios, ni a escombreras y que además no se estarían extrayendo de las canteras afectadas de la región.

Una vez analizados todos los aspectos anteriores, a continuación se indican otras de las ventajas que tiene la implementación de este proyecto en el ÁMM. Todo indica que el llevar a cabo este proceso acarrea muchas ventajas del tipo sustentable, pues éstas pueden ser vistas en los aspectos económico, social y ambiental, los cuales crean un balance en nuestra vida diaria.

A continuación se presentan los puntos más importantes de las ventajas que conlleva este proyecto en los tres aspectos mencionados anteriormente:

6.5.1 Ventaja Económica

A pesar que de en estos momentos, en esta localidad, parece no ser el proyecto con mayor rentabilidad que existe, sí es un proyecto que genera ganancias, por lo que no es del todo desechable en ese aspecto. Sin embargo, si se conjunta con todos los beneficios que genera, se llega a la conclusión de que es un proyecto totalmente factible y favorable económicamente. Pues no sólo favorece a la economía de quién lo lleva a cabo, sino también a la construcción en general, con el hecho de reduce los costos de algunos de los materiales básicos de la construcción, que son los agregados. Hecho por el cual se reducirían los costos finales de las construcciones, lo que produciría un beneficio a la economía de los usuarios finales de los inmuebles y demás servicios.

Como se puede ver en los análisis presentados, sólo es cuestión de que el proyecto alcance cierta aceptación dentro de las empresas constructoras y en la sociedad en general, para que comience a dar los frutos esperados, económicamente hablando.

La mayor ventaja de este proyecto es que se obtienen ganancias tanto de la aceptación del material que servirá como materia prima de nuestro proceso, como de la venta del producto final. Esto es una ventaja que muy pocas veces puede tenerse en cualquier tipo de negocio, pues la condición normal es que la empresa pague por obtener su materia necesaria para su proceso, para después trabajarla y producir su producto final. Con esta ventaja, se obtiene un producto final de menor costo.

Lo anterior se suma a la ventaja contra los demás productores de agregados, de que la obtención de la materia prima es derivada de un proceso más económico, ya que aquellas empresas necesitan invertir gran cantidad de dinero en la extracción del producto de las canteras, puesto que se necesita maquinaria especializada y en algunas ocasiones hasta explosivos. Por lo que la ventaja de este proceso es que la única maquinaria necesaria es un camión de volteo para transportar aquellos residuos utilizables en este proyecto.

Por todo lo anterior, se concluye que se tiene una gran ventaja económica contra la competencia, pues si se optimizan todos los procesos, se pueden llegar a tener ganancias significativas que hacen un éxito la implementación de este proyecto.

6.5.2 Ventaja Ambiental

Ambientalmente hablando, este proyecto tiene la mayor ventaja que cualquiera de los competidores en este tipo de servicios. Pues éste es un proceso principalmente dedicado a la conservación de nuestro entorno.

La ventaja principal es que reduce la explotación de las canteras naturales para la obtención de material para producir los agregados para construcción. Con este hecho, se ayuda a la ecología y a la protección de los ecosistemas que existen en la actualidad. Y es que el problema no es tan notorio en nuestro país, debido a que contamos con grandes extensiones de terrenos donde se pueden obtener estos materiales. Sin embargo, estos no son renovables, y poco a poco se están acabando, por lo que es de suma importancia el hacer algo para evitar este deterioro, y no esperar a que sea demasiado tarde.

Para comprender mejor la situación, tomemos el escenario del capítulo anterior, donde se estima que se estará produciendo cerca de 500 m³ de agregado reciclado al día. Esto representa sólo un 10% de lo que produce una de las varias trituradoras que trabajan a las faldas del cerro de Las Mitras, la cual estima una producción de 5,000 m³

de agregado triturado por día. Sin embargo, esto representa que se estaría dejando de explotar cerca de 150,000 m³ de cerro al año, además que se estaría evitando acumular una cantidad similar de escombros.

El realizar proyectos como éste que se presenta, es una ventaja por la simple idea de que se obtienen ganancias en la conservación de especies tanto animales como vegetales, además que no se modifican los entornos en los que vivimos. Es más, el producto que se obtiene de este proceso, puede ser utilizado para resanar aquellos lugares que han sido deteriorados por la actividad del hombre. Y es que el producto que no pueda ser utilizado como agregado para producir concreto nuevo, debido a su poca capacidad estructural, puede ser utilizado como relleno para diferentes actividades, como en cubiertas de rellenos sanitarios o simplemente como restauración de las canteras explotadas.

Por lo anterior, se deduce que la implementación de un proyecto de esta magnitud, logra una gran ventaja ambiental que beneficia a todo el entorno en el cual se lleva a cabo este proceso. Por lo que más que factible, pronto será una necesidad el reciclar los escombros producidos en la construcción.

6.5.3 Ventaja Social

En cuanto a las ventajas sociales, este proyecto cuenta con varias y que son de gran beneficio para las personas que conforman la sociedad nuevoleonense. Y es que un proyecto que ayude a mejorar la situación ecológica actual y a prevenir desastres futuros, siempre será un beneficio para la sociedad, pues al regenerar el entorno, la calidad de vida que se tiene en él, será mejor. Simplemente, el hecho de mejorar la vista de nuestro alrededor, ayuda a mejorar nuestra actitud hacia las situaciones que enfrentamos diariamente.

Sin embargo, el beneficio no sólo está en mejorar la percepción de nuestro entorno, sino que con proyectos como éste, se mejora la calidad del ambiente, pues se reduce la contaminación por ruido y por deterioramiento, lo que ayuda a mejorar la forma de vida.

En el aspecto económico, se mostró que es un proyecto que genera ganancias, pero sobretodo genera algunos empleos, por lo que esto también ayuda a la sociedad, al hacer que más familias puedan tener un ingreso que les permita vivir mejor.

También en el ámbito económico, se mencionó que ayuda a reducir los costos de los inmuebles, situación que también es un beneficio para la sociedad, pues será más accesible la obtención de viviendas o inmuebles para las actividades diarias de las personas. Y al ser más fácil el obtener inmuebles, se provoca que la industria de la construcción tenga más posibilidades de crecer, lo que indirectamente también beneficia a la sociedad, además de generar más empleos.

Con lo mencionado anteriormente, se llega a la conclusión de que este proyecto tiene ventajas importantes en los tres aspectos de la sostenibilidad, pues genera beneficios tanto económica, como ambiental y socialmente. Es un proyecto que pueda parecer una novedad en este momento en nuestra sociedad, pero dentro de algún tiempo, será una necesidad.

6.6 PLANES QUE FAVORECEN EL RUMBO DEL PROYECTO

En los capítulos anteriores, se ha presentado las estrategias y objetivos para el mejor funcionamiento del proyecto de reciclaje de residuos producto de la construcción y la demolición. Estas estrategias son presentadas para la mejor implementación del proceso dentro de la localidad, sin embargo, hay que recordar que no todo depende de la operación misma del proyecto. Al vivir y desarrollarse dentro de una sociedad, es indispensable la interacción entre todos los miembros que la conforman, es por eso que a continuación se presentan algunos planes que ayudarán a mejorar el rumbo del proyecto, con la colaboración de la sociedad en general.

a. Participación del Gobierno

En el capítulo 3, se presentaron algunas de las leyes y reglamentos que actualmente están vigentes en nuestro país, y donde se observa la preocupación actual del gobierno, por lograr realizar actividades que ayuden a mejorar la situación ambiental en la que vivimos. Es por esto que debemos aprovechar esas intenciones para lograr que proyectos como éste tengan un mayor apoyo por parte de las autoridades. Para esto, a continuación se presentan los considerados tres puntos principales para el apoyo del gobierno:

- *Asignación de recursos:* El gobierno debe comenzar a destinar parte de su presupuesto a acciones que vayan a favor del ambiente. Es por eso que este es uno de los puntos principales con los que el gobierno se puede involucrar en la actividad de reciclaje de residuos de la construcción, ya que para toda actividad, es necesario que existan recursos para poderse llevar a cabo.
- *Realización de reglamentos:* Otra forma en el que el gobierno puede ayudar, es en la realización de normas y reglamentos que garanticen la utilización de recursos reciclados. Esto es con la finalidad de guiar a la sociedad hacia este tipo de cultura.
- *Implementación de programas:* Además de las normas, también el gobierno debe involucrarse en estos aspectos, realizando acciones que puedan crear consciencia de la situación en que se vive, pero sobretodo de la situación a la que se puede llegar si en estos momentos no se hace algo al respecto. Todo esto, para lograr crear una educación ambiental.

b. Participación de la sociedad en general

La participación de la población en general es fundamental en el proceso de reciclaje de escombros, pues ella, a parte de ser la generadora del residuo, es además la parte consumidora de los materiales provenientes del reciclaje.

Para lograr una mejor participación, la comunidad debe ser instruida sobre la importancia de la práctica de la separación adecuada del escombros. Esta actividad, contribuye para mejorar del sistema de colecta y reduce los impactos ambientales de los tiraderos clandestinos, evitando desastres como inundaciones o deslizamientos (causados por la disposición inadecuada del escombros en canales de drenaje y vertientes). No obstante, la gran cantidad de escombros colectado puede reducir significativamente la vida útil del terraplén, lo que provoca que se tenga que encontrar nuevas áreas para disposición, situación que es una tarea cada vez más difícil en los centros urbanos.

La implantación de instalaciones de reciclaje, de centrales de producción de materiales y de locales adecuados para recibimiento y depósito del escombros es fundamental para el mejoramiento de la situación de la sociedad actual. Esta situación, además, ayuda a la generación de empleo y logra generar ganancias, que inclusive se puede mejorar con la formación de cooperativas de ex-recolectores de basura.

Además de eso, para el éxito de esta actividad, se vuelve fundamental el desenvolvimiento de investigaciones de mercado, visando al análisis de la viabilidad comercial del reciclaje del escombros y de los materiales de construcción producidos a partir de ese residuo. Además de eso, aspectos de mercadotecnia deben ser introducidos en el proceso, buscando la aceptación del uso del material reciclado y a su valorización como material ambientalmente correcto.

Aunado a lo anterior, también se puede considerar que las personas dedicadas a estas actividades y la sociedad en general, deberán estar cada vez más preparadas para el desenvolvimiento de esas acciones. En ese sentido, la transferencia de conocimiento técnico y práctico, es fundamental para la implantación del reciclaje. Además de ello, se hace necesario el apoyo a las actividades de investigación y desenvolvimiento, para consolidar la cultura del reciclaje de residuos en materiales de provenientes de la construcción y demolición.

Aunque la utilización de agregado reciclado no sea una actividad nueva en el resto del mundo, en nuestra sociedad parece ser una idea innovadora. El nivel de desarrollo de la

sociedad es de fundamental importancia para viabilidad de este proceso. Factores como educación ambiental, legislación pertinente, el involucramiento de la iniciativa privada y buena aceptación del mercado pueden ser decisivos para el éxito de este tipo de actividades.

Para terminar, es importante resaltar que la reducción, el reciclaje y el reaprovechamiento de escombros benefician a la sociedad como un todo, especialmente a la población de bajos recursos, que es la más afectada por la cuestión de la disposición inadecuada de residuos y la que más necesita de materiales de construcción de bajo costo. Es por eso que “el reciclaje, la reducción de las pérdidas y el reaprovechamiento, más que actos de conciencia, se revierten en actos de ciudadanía”. [12]

6.7 RIESGOS POTENCIALES

Para terminar este documento, en este capítulo se presentan algunos de los inconvenientes que se pueden presentar. Y es que es necesario ver las ventajas y desventajas para poder hacer un análisis real de lo que se pretende realizar.

Como todo proyecto, el reciclaje de escombros producto de la construcción y demolición, tiene riesgos potenciales que pudieran presentarse a lo largo de su implantación. Por lo que es de suma importancia visualizarlos antes de que se presenten, para así poder estar preparados con alguna acción o estrategia que pueda eliminarlos o al menos minimizarlos.

En la siguiente tabla se presentan algunos de los riesgos que probablemente se puedan presentar, por lo que se indica una propuesta de estrategia que puede servir para contrarrestar ese problema.

RIESGO	IMPLICACIÓN	ESTRATEGIA
Cambios en los precios de materiales	En los últimos años, los precios de los materiales, tanto de construcción, como de mantenimiento de maquinaria, han sufrido cambios significativos, por lo que en los próximos años se pronostican también algunos cambios. Estos cambios pueden provocar que se reduzcan los ingresos.	Hacer un uso eficiente de todos los materiales involucrados en esta cuestión. El mantener en buen estado la maquinaria, dando mantenimiento constante, puede reducir los costos de las reparaciones y de los consumibles.
Entorno político	Aunque la democracia ya ha pasado su prueba, es posible que el país presente un estancamiento en el 1er año del sexenio por ajustes en el modelo económico, tal y como ha sucedido en los últimos cambios de gobierno.	Mantener una posición financiera y un posicionamiento fuerte dentro de la industria, para defender el liderazgo en el mercado. Además de crear una diversidad de negocios, no sólo de venta de agregados para concreto, sino para diversos usos.
Material disponible	Todo tipo de industria del reciclaje requiere contar con suficiente material producto de la construcción y demolición, para poder abastecer sus procesos. Es por eso, que actualmente, en nuestro entorno, puede no existir mucho de este tipo de material. Sin embargo, dentro de unos años, esto no será	Realizar una estrategia de recolección exhaustiva en todos los alrededores del Área Metropolitana de Monterrey, para tratar de captar la mayor cantidad de material posible

	preocupación, ya que la falta de espacio hará de la demolición una práctica común.	
Precio del combustible	Los costos del transporte de materiales y del manejo de equipo de trituración y la maquinaria para el movimiento de tierras, son muy sensibles a los precios del combustible. Se espera que los precios del petróleo se mantengan elevados durante al menos el 1er trimestre del año.	Crear un tipo de ruta adecuado para un mejor manejo de combustible a fin de evitar fuertes variaciones.
Desinterés de la sociedad	Al igual que el material disponible, en la actualidad no existe mucho interés por parte de la sociedad en general, ya que se cuenta con espacio para la disposición del escombros, así como de canteras para la extracción del material.	Crear programas para concienciar a la sociedad de que los recursos con los que se cuentan actualmente no son renovables, por lo que pronto no podremos contar con ellos, si no hacemos algo al respecto.
Crecimiento de la competencia	Como toda implementación de ideas nuevas (al menos en nuestro territorio) y que generen beneficios, la creación de competencias no se hace esperar.	Mantener altos estándares de calidad en los materiales, maquinaria y en el servicio, para poder, además de ser la pionera en este aspecto en nuestro país, ser una empresa consolidada en este ramo.

Tabla 6.5 Algunos riesgos potenciales en la implementación del proyecto de reciclaje

Por último, se puede comentar, que estos son sólo algunos de los riesgos que probablemente pueden ocurrir, sin embargo, no son los únicos. Existen muchos otros riesgos potenciales que pudieran afectar el curso del proyecto, no obstante, se recomienda tener una visión completa de todo el entorno que rodea al proyecto, y tratar de prevenir cualquier situación que pueda afectar directa o indirectamente a las actividades de la planta de reciclaje, para así lograr tomar medidas correctivas desde antes que lleguen a afectar.

VI. CONCLUSIONES

La construcción en México, es una industria que tiene mucho potencial hacia dónde desarrollarse. Es por eso que en esta tesis, se presentó la opción de hacer uso de lo que muchos consideran como basura: el concreto y demás escombros, producto de la construcción y la demolición.

Este es un proceso muy concurrido en algunos países más desarrollados, sin embargo, en el nuestro, la situación es muy diferente, ya que actualmente se cuenta con grandes bancos de materiales de donde obtener el producto a triturar, además que también se tienen grandes extensiones de terreno donde acumular el escombro. Es por eso que hasta el momento no ha existido mucha preocupación al respecto. No obstante, si la situación continúa como hasta ahora, en unos años, el reciclaje de escombros no será sólo una idea para mejorar la ecología, sino será una necesidad para toda la sociedad. Y es que para lograr que el reciclaje sea una actividad de la vida diaria, se necesita un cambio de mentalidad, donde el enfoque principal sea ver hacia el futuro, y los efectos que tienen las acciones que hacemos hoy.

En cuanto al proceso de reciclaje, podemos concluir que para que sea rentable, se necesita una combinación de factores: para poder operar una planta recicladora de RCD, se requiere que exista suficiente materia prima para ser suministrada, que en este caso sería concreto; además, que exista la suficiente demanda de infraestructura para utilizar los agregados reciclados, que las distancias de la transportación sean las favorables, que el producto desarrollado sea aceptado por la industria, que exista un espacio adecuado para la disposición del material, entre otras situaciones externas que influyen en este proceso, como lo es el apoyo por parte del gobierno, la aceptación de la industria y sobretodo, el cambio de mentalidad en la sociedad. También existen otros factores internos, que fueron presentados en esta tesis, que podrían ayudar a lograr que la empresa dedicada al reciclaje de escombros tenga una mejor rentabilidad, esos factores son para lograr implementar las políticas de calidad, servicio y profesionalismo desde el fondo de la empresa, para obtener mejores rendimientos y mayores ventas.

Con este trabajo, se puede concluir que el crear una empresa dedicada al reciclaje de escombros, es una idea factible y puede llegar a ser rentable, siempre y cuando se conjuguen los escenarios indicados. Por lo que hay que estar monitoreando el contexto de la construcción, para identificar cuándo puede ser el momento indicado para llevar a cabo este proyecto. Este momento puede llegar cuando existan más y mejores leyes en cuanto a materia ambiental; cuando los espacios para construir sean menores y se tenga que hacer uso de la demolición; cuando la consciencia ambiental sea una forma de pensar más difundida en la sociedad, entre otros factores.

Por todo lo anterior, se llega a la realidad de decir que en estos momentos falta mucho camino por recorrer para lograr que esto sea una realidad en esta zona del país. Sin embargo, se tiene la certeza que con esfuerzos que busquen el mejoramiento de nuestra industria de la construcción y de nuestro entorno en general, dentro de algunos años se podrá contar con plantas como la propuesta en este trabajo.

Por último, se comenta que esta tesis es sólo la presentación de una propuesta para mejorar la situación actual del reciclaje de concreto, y de la construcción en general, en el Área Metropolitana de Monterrey. Tuvo la finalidad de realizar un análisis de ventajas y desventajas, así como de métodos a utilizar para el reciclaje de residuos de concreto. Con lo que se trató de concienciar al lector de que el reciclaje de escombros debe ser un escenario de todos los días, para así lograr un mejoramiento sostenible.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. PRESTI, Sebastián, “Reciclaje de materiales y conservación de energías”.
2. BEDOYA M., Mauricio. “El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles”. Facultad del Hábitat, Universidad de Colombia, sede en Medellín. Julio 2003
3. HERRERA C., Ester. “En Monterrey hay recursos, pero falta conciencia”. Septiembre 2002. Obras web. Mayo 2005
<http://obrasweb.com/art_view.asp?seccion=INFORME+ESPECIAL&cont_id=1763>
4. UICN, PNUMA & WWF. “Cuidar la Tierra: una estrategia para el futuro de la vida”, Gland, Suiza. 1991
5. Nordisk Rad/ Nordisk Ministerrad (1990) Nordic action-plan concerning recycling of building waste in the Municipality of Copenhagen.
6. Lauritzen, Erik, “Producción de residuos de construcción y reciclaje”. España
<<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst2.html>>
7. DÁVALOS, Daniel; GARZA, Baldomero y Co., “El Uso del cemento en el reciclaje de residuos de construcción”. ITESM, Monterrey, NL, México. 2001
8. IMCYC, “Tecnología del concreto para un desarrollo Sustentable”. México. Mayo 2001
9. “Programa Sectorial del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2004-2009”. Gobierno del Estado de Nuevo León. México
10. INEGI, IV al XII Censos de Población y Vivienda, 1930 a 2000., y II Conteo de Población y Vivienda, 2005. Estado de Nuevo León.
11. “Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal”, Gobierno del Distrito Federal, México, 2003
12. CARNEIRO, Alex P. “Reciclaje de Residuos de la Construcción en Áreas Urbanas”. Salvador, Brasil. 2005
13. AGUILAR, Alfonso. “Reciclado de Materiales de Construcción”. D.H.V. Consultores España S.L. Madrid, España. 1997
14. BEDOYA, Carlos M. “El Concreto Reciclado con Escombros como Generador de Hábitats Urbanos Sostenibles”. Escuela del Hábitat, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Julio 2003

15. ROGOFF, Marc J., WILLIAMS John F. "Approaches to Implementing Solid Waste Recycling Facilities" Noyes Publications Mark. New Jersey, U.S.A.1994.
16. ENRIQUE, Melchor. "Residuos de la construcción: una montaña de oportunidades". Revista CERCHA, Madrid, España. Diciembre 2003
17. WILLBURN, David, GOONAN, Thomas. "Aggregates from Natural and Recycled Sources". U.S. Department of the Interior. Denver, Colorado 1998
< <http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/circulars/c1176/c1176.html> >
18. ANGELES, Guillermo. "Cotización de nueva planta de trituración con trituradora de impacto portable sobre orugas". Convento Dixel, S.A. de C.V./Metso Minerals, Monterrey, México. Marzo 2006
19. ANGELES, Guillermo. "Cotización de planta de cribado portable sobre orugas". Convento Dixel, S.A. de C.V./Metso Minerals, Monterrey, México. Marzo 2006
20. IMCYC. "Demolición y reciclaje del concreto y la mampostería; recomendaciones de la RILEM", Revista Construcción y Tecnología. pp 17-20. México. Junio 1998
21. FHWA "Summary of Texas Recycled Concrete Aggregate Review" Federal Highways Administration. U.S. Department of Transportation. Abril 2003
< <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/rcatx.cfm> >
22. INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. México 2006
< <http://www.inegi.gob.mx> >
23. INEGI. Banco de Información Económica (BIE). México 2006
< <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/bdiesi/bdie.html> >
24. "Información Financiera y Económica/ TIIE a 13 días". Banco de México México, 10 de mayo de 2006
<<http://www.banxico.org.mx/elInfoFinanciera/InfOportunaMercadosFin/MercadoValores/TasaInteresInterbancaria/13Semanas/TasaInteres13Sem.html>>
25. "Hoja de datos de seguridad de materiales: Hormigón triturado Lafarge". Lafarge North America Inc. Herndon, VA, EE.UU. Rev. Marzo 2005
< <http://www.lafarge-na.com> >

ANEXO A

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS ESCOMBRERAS

ESCOMBRERA NO. 1

Ubicación:	Carretera Miguel Alemán Km. 15, esq. con Privada Nazry Hasbun
Superficie aproximada:	2 Ha
Tiempo de operación:	1 año
Tiempo restante aproximado:	3 años
Material recibido:	Sólo escombros (No basura)
Costo por recepción:	7 m ³ : \$ 50 14 m ³ : \$100 24 m ³ : \$200
Horario de operación:	Lunes a viernes: 8:00 a 18:00 hrs. Sábados: 8:00 a 13:00 hrs.
Flujo diario aproximado:	50 viajes de 14 m ³

Fotografías:



ESCOBRERA NO. 2

Ubicación:	Carretera Miguel Alemán Km. 24.8
Superficie aproximada:	8 Ha
Tiempo de operación:	Un año y medio
Tiempo restante aproximado:	5 años
Material recibido:	Sólo escombros, sin embargo, la basura se puede negociar 7 m ³ : \$ 60 14 m ³ : \$120
Costo por recepción:	No acepta trailer, debido a la irregularidad del terreno
Horario de operación:	Lunes a viernes: 9:00 a 17:00 hrs. Sábados: 9:00 a 13:00 hrs.
Flujo diario aproximado:	50 a 60 viajes de 14 m ³

Fotografías:



ESCOBRERA NO. 3

Ubicación:	Antiguo camino a Villa de García Km. 4
Superficie aproximada:	2 Ha
Tiempo de operación:	1 año
Tiempo restante aproximado:	3 años
Material recibido:	Sólo escombros, sin embargo, la basura se puede negociar
	7 m ³ : \$ 80
Costo por recepción:	14 m ³ : \$150
	24 m ³ : \$250
Horario de operación:	Lunes a viernes: 8:00 a 17:00 hrs. Sábados: 8:00 a 13:00 hrs.
Flujo diario aproximado:	60 viajes de 14 m ³

Fotografías:



ESCOBRERA NO. 4

Ubicación:	Carretera a Saltillo Km. 61.5
Superficie aproximada:	10 Ha
Tiempo de operación:	Desde 1985
Tiempo restante aproximado:	5 años
Material recibido:	Sólo escombros, sin embargo, la basura se puede negociar
	7 m ³ : \$ 80
Costo por recepción:	14 m ³ : \$130
	24 m ³ : \$200
Horario de operación:	Lunes a sábado: 8:00 a 19:00 hrs.
Flujo diario aproximado:	Entre 150 y 250 viajes de 14 m ³

Fotografías:



ANEXO B

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES (según Lafarge North America Inc.)

Sección 1: Información sobre el producto

Nombre del producto: Concreto triturado

Identificadores del producto: Concreto triturado, concreto reciclado, capa de asiento de concreto triturado, capa de asiento de concreto reciclado, material de concreto recuperado (RCM), pavimento de concreto reciclado (RCP).

Uso del producto: El concreto triturado se utiliza como agregado en bases de concreto o asfalto, mezclas de concreto o asfalto, relleno escurridizo, material de relleno a granel y otras aplicaciones en la construcción.

Nota: Esta HDSM cubre muchos productos de concreto. La composición individual de los componentes peligrosos variará de un tipo de concreto triturado a otro.

Sección 2: Información sobre los ingredientes

El concreto es una mezcla de roca, arena, cemento Pórtland y agua. También es posible que contenga ceniza volante, escoria, sílice de humo, arcilla calcinada, fibras (metálicas u orgánicas) y pigmento de color. Las propiedades y la composición del hormigón triturado pueden variar según las propiedades y la composición originales del concreto recuperado.

El concreto contiene cemento que está hecho de materiales extraídos de la tierra y se procesa utilizando energía suministrada por combustibles. Es posible que se detecten vestigios de sustancias químicas durante el análisis químico. Por ejemplo, es posible que el cemento contenga vestigios de óxido cálcico (conocido también como cal libre o cal viva), óxido de magnesio libre, compuestos de sulfato potásico y sódico, compuestos de cromo, compuestos de níquel y otros vestigios.

Sección 3: Identificación de peligros

Perspectiva general de emergencia: El concreto triturado varía en tamaño, forma y color, según el uso final. No es combustible ni explosivo. Una sola exposición por corto tiempo al polvo de concreto presenta poco o ningún peligro.

Posibles efectos en la salud:

Contacto ocular: El polvo aéreo puede causar irritación o inflamación inmediata o demorada. El contacto ocular con grandes cantidades de polvo de hormigón puede causar irritación moderada y abrasiones en los ojos. Las exposiciones oculares requieren primeros auxilios y atención médica inmediata para evitar daños importantes en el ojo.

Contacto dérmico: El polvo de concreto podría causar piel seca, molestias, irritación y dermatitis.

Dermatitis: El polvo de concreto, junto con el sudor y la fricción, puede producir irritación en la piel y dermatitis. La piel afectada por dermatitis puede presentar síntomas como enrojecimiento, picazón, erupciones, escamas y agrietamiento. La dermatitis por irritantes es producto de las propiedades físicas del polvo de concreto, por ejemplo, abrasión.

Inhalación (efectos agudos): La respiración del polvo puede causar irritación en la nariz, garganta o los pulmones, e incluso asfixia, según el grado de exposición.

Inhalación (efectos crónicos): El riesgo de sufrir lesiones depende de la duración y el nivel de exposición.

Silicosis: Este producto contiene sílice cristalina. La inhalación prolongada o repetida de la sílice cristalina respirable de este producto puede causar silicosis, una enfermedad pulmonar gravemente incapacitante y mortal. Consúltese la Nota para el médico en la Sección 4 para obtener información adicional.

Cancerigenocidad: El concreto no figura como cancerígeno en las listas del Instituto Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) y el Programa Nacional de Toxicología (NTP); no obstante, el concreto contiene vestigios de sílice cristalina, que está clasificada por IARC y NTP como cancerígeno humano conocido.

Enfermedad autoinmune:

Algunos estudios muestran que la exposición a sílice cristalina respirable (sin silicosis) o la enfermedad de la silicosis podrían estar asociadas con el aumento de varios trastornos autoinmunes, como esclerodermia (engrosamiento de la piel), lupus eritematoso sistémico, artritis reumatoide y enfermedades que afectan los riñones.

Tuberculosis:

La silicosis aumenta el riesgo de contraer tuberculosis.

Enfermedad renal:

Algunos estudios muestran un aumento en la incidencia de enfermedad renal crónica y de enfermedad renal en etapa avanzada en trabajadores expuestos a sílice cristalina respirable.

Ingestión:

No ingerir el concreto. No consta que la ingestión de pequeñas cantidades de concreto sea perjudicial; grandes cantidades pueden tener efectos fuertes en el tacto digestivo.

Afecciones agravadas por la exposición:

Las afecciones de personas con enfermedad pulmonar (por ejemplo, bronquitis, enfisema, COPD, enfermedad pulmonar) pueden empeorar con la exposición.

Sección 4: Medidas de primeros auxilios

Contacto ocular:

Enjuagar los ojos meticulosamente con agua durante al menos 15 minutos, incluso debajo de los párpados, para eliminar todas las partículas. Obtener atención médica para abrasiones y quemaduras.

Contacto dérmico:

Lavar la piel con agua fresca y un jabón de pH neutro o un detergente suave para la piel. Obtener atención médica para erupciones, irritación y dermatitis.

Inhalación:

Llevar a la víctima al aire fresco. Buscar atención médica si la molestia, la tos u otros síntomas no desaparecen.

Ingestión:

No provocar vómitos. Si la víctima no ha perdido el conocimiento, hacerle beber una cantidad abundante de agua. Buscar atención médica o ponerse en contacto con el centro de intoxicaciones inmediatamente.

Notas para el médico:

Los tres tipos de silicosis incluyen:

- Silicosis crónica simple, producida por la exposición a largo plazo (más de 20 años) a pequeñas cantidades de sílice cristalina respirable. Nódulos de inflamación crónica y cicatrización provocados por la sílice cristalina respirable en los pulmones y los ganglios linfáticos del pecho. Esta enfermedad puede caracterizarse por falta de aliento y parecerse a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
- Silicosis acelerada, que ocurre tras la exposición a mayores cantidades de sílice cristalina respirable a lo largo de un periodo más corto (5 a 15 años). La inflamación, la cicatrización y los síntomas avanzan más rápidamente en la silicosis acelerada que en la silicosis simple.
- Silicosis aguda, que es producto de la exposición a corto plazo a cantidades muy grandes de sílice cristalina respirable. Los pulmones se inflaman mucho y pueden llenarse de fluido, causando una intensa falta de aliento y bajas concentraciones de oxígeno en la sangre.

Puede presentarse una fibrosis masiva progresiva en la silicosis simple o acelerada, pero es más común en la forma acelerada. La fibrosis masiva progresiva es consecuencia de una cicatrización intensa y conduce a la destrucción de las estructuras pulmonares normales.

Sección 5: Manipulación y almacenamiento**Generalidades:**

Asegurar la capacidad de carga adecuada del suelo, los pisos o las plataformas al almacenar el concreto triturado. El concreto triturado es pesado y presenta riesgos, por ejemplo, de esguinces y distensiones en la espalda, los brazos, los hombros y las piernas al levantar el material. Manipular con cuidado y usar las medidas de control apropiadas.

Peligro de sumersión. Para evitar el enterramiento o asfixia, no entrar en un espacio cerrado, como una tolva, un camión de transporte u otro contenedor o recipiente

que almacene o contenga concreto triturado. El polvo puede acumularse o adherirse a las paredes de un espacio cerrado. El polvo puede desprenderse, desplomarse o caerse de manera imprevista.

No pararse encima de pilas de concreto triturado; podrían ser inestables. Usar controles técnicos (p. ej., mojar la pilas) para que el viento no levante polvo de las pilas, lo cual podría causar los peligros descritos en la Sección 3.

Uso: El acto de cortar, triturar o moler cemento endurecido, concreto u otros materiales que contienen sílice cristalina liberará sílice cristalina respirable. Usar todas las medidas apropiadas para controlar o suprimir el polvo, así como los equipos de protección personal (PPE por sus siglas en inglés) descritos más adelante en la Sección 6.

Limpieza: Evitar las acciones que permitan que el aire levante el polvo de concreto durante la limpieza, como barrer en seco o usar aire comprimido. Usar una aspiradora HEPA (Aire en partículas de alta eficiencia) o mojar bien con agua para recoger el polvo. Usar los equipos de protección personal descritos más adelante en la Sección 6.

Temperatura de almacenamiento: Ilimitada.

Presión de almacenamiento: Ilimitada.

Vestimenta: Quitarse la ropa polvorienta inmediatamente y lavarla. Lavar la piel meticulosamente tras la exposición al polvo.

Sección 6: Controles de exposición y protección personal

Controles técnicos: Usar escape local o ventilación por dilución general u otros métodos de supresión para mantener las concentraciones de polvo por debajo de los límites de exposición.

Equipos de protección personal:

Protección respiratoria:	En condiciones comunes, no se requiere protección respiratoria. Usar un respirador que se esté correctamente ajustado y en buenas condiciones al estar expuesto al polvo en concentraciones que superan los límites de exposición.
Protección ocular:	Usar anteojos o gafas de seguridad al manipular el concreto triturado y durante las actividades que generen polvo, para evitar el contacto con los ojos. No se recomienda usar lentes de contacto al utilizar concreto triturado en condiciones polvorientas.
Protección dérmica:	Usar guantes al manipular el concreto triturado. Quitar la ropa y los equipos protectores que queden polvorientos y limpiarlos antes de volver a usarlos.
Protección para los pies:	Usar botas de seguridad con casquillos al manipular hormigón triturado.

ANEXO C

ESPECIFICACIONES Y APLICACIONES DEL AGREGADO RECICLADO

En el estado de Texas, E.U.A. el uso de los agregados reciclados es muy abundante. A continuación se presentan algunas de las aplicaciones y especificaciones que indica el Departamento de Transportación en Texas (TxDOT).

Concreto hidráulico

A. Agregados. Los agregados deben cumplir con lo establecido en Tex-100-E. Existe una lista de los proveedores certificados del TxDOT.

- 1. Agregados Gruesos.** Deben consistir de partículas de grava, concreto hidráulico triturado, piedra quebrada, o combinaciones de estos materiales que estén libres de materia congelada y cantidades dañinas de sal, álcali, materia vegetal y otros materiales ya sea libres o adheridos.

Conforme a la norma Tex-413-A, los agregados utilizados también deben tener:

- Máximo .25% (de su peso) de grumos de arcillas
- Máximo 1.0% (de su peso) de pizarra
- Máximo 5.0% (de su peso) de partículas laminadas

El desgaste no debe ser mayor al 40% cuando se examine de acuerdo a Tex-410-A.

A menos que los planos indiquen lo contrario, el agregado grueso debe analizarse bajo el sondeo de 5-ciclo de sulfato de magnesio de no más del 18%. El agregado grueso proveniente de concreto hidráulico reciclado está exento de este análisis.

No.	Tamaño nominal	Porcentaje que debe pasar en cada criba								
		2-1/2"	2"	1-1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8
1	2"	100	80-100	50-85		20-40			0-5	
2	1-1/2"		100	95-100					0-5	
3	1-1/2"		100	95-100					0-5	
4	1"			100	95-100				0-10	0-5
5	3/4"				100	90-100		20-55	0-10	0-5
6	1/2"					100	90-100	40-70	0-15	0-5
7	3/8"						100	70-95	0-25	
8	3/8"						100	95-100	20-65	0-10

Tabla C.1 Porcentaje de material que debe pasar cada malla

- 2. Agregados Finos.** Los agregados finos deberán consistir en partículas durables, limpias y duras de arena natural o manufacturada, o una combinación de estos, con o sin relleno mineral. Deberán estar libres de material congelado y cantidades dañinas de sal, álcalis, materia vegetal y otros materiales y contener no más del 0.5% de grumos de arcilla (de su peso).

El color del agregado fino no deberá ser más oscuro que el estándar definido en el análisis para determinar impurezas orgánicas.

A menos que los planos especifiquen lo contrario, los agregados deberán tener un residuo ácido insoluble mínimo de 60% (por peso) al usarse en concreto sujeto a tráfico directo.

Cuando sea necesario, deberán mezclarse los agregados finos a manera de cumplir con el requisito de residuo ácido insoluble. En estos casos deberá usarse la siguiente ecuación:

$$\text{Ácido insoluble (\%)} = \{ (A1)(P1) - (A2)(P2) \} / 100$$

Donde:

A1= ácido insoluble (%) del agregado 1

A2= ácido insoluble (%) del agregado 2

P1= porcentaje por peso de A1 de la mezcla de agregados finos

P2= porcentaje por peso de A2 de la mezcla de agregados finos

Las dimensiones del agregado fino (incluyendo el relleno mineral) serán:

Malla	Porcentaje permitido a pasar
3/8 in	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-65
No. 50	10-35 ¹
No. 100	0-10
No. 200	0-3 ²

Tabla C.2 Porcentaje de material fino que puede pasar cada malla

1. 6-35 cuando el valor del arena sea mayor a 85
2. 0-6 para arena manufacturada

- 3. Relleno Mineral.** Material inerte de polvo de piedra, arena limpia triturada u otros materiales inertes con 100% del material pasando por la criba No. 30 y 65-100% pasando por la No. 200.

ANEXO D

ANÁLISIS DE MERCADO

Aparte de brindar un beneficio ecológico y ambiental, al dar tratamiento a los escombros, logrando así reducir la cantidad depositada en escombreras; se obtiene un beneficio económico. Los agregados reciclados que se producen se obtienen al un precio menor del de los agregados naturales, además de que se encuentran relativamente más cerca dentro del área urbana.

Para competir con la oferta existente en el mercado de agregados naturales y al mismo tiempo ser una opción rentable se debe definir el precio adecuado. Para esto, se ha realizado un sondeo entre algunas empresas productoras/comercializadoras de agregados y en base a los números obtenidos se determinó el precio.

Proveedor	Arena # 4	Arena # 5	Grava # 1	Grava # 2	Mixto
MECASA Plus	\$ 203.00	\$ 270.00	\$ 203.00	\$ 203.00	\$ 203.00
Regio MECASA	\$ 220.00	\$ 260.00	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Mtls. La Fe, S.A. de C.V.	\$ 200.00	\$ 220.00	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 200.00
Mtls. La Económica	\$ 270.00	\$ 300.00	\$ 270.00	\$ 270.00	\$ 270.00
Mtls. Económicos del Topo	\$ 240.00	\$ 250.00	\$ 210.00	\$ 210.00	\$ 230.00
Mtls. Martínez	\$ 230.00	\$ 250.00	\$ 230.00	\$ 230.00	\$ 230.00
Mtls. Tolteca	\$ 240.00	\$ 260.00	\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 240.00
PRECIO PROMEDIO	\$ 229.00	\$ 258.57	\$ 224.71	\$ 224.71	\$ 227.57

Tabla D.1 Venta de agregados por metro cúbico en el área metropolitana de Monterrey.

Retiro de escombros

El retiro de escombros también es un aspecto con respecto a quién decide reciclarlo, ya que es una manera de asegurar un flujo de material. Por esto se ha decidido investigar acerca de del retiro de escombros (los precios de la competencia) para poder ofrecer un servicio que resulte más atractivo. Para eso se ha investigado el precio por retiro de escombros, en varios municipios de Nuevo León.

De dicha investigación se concluye que no hay grandes empresas encargadas expresamente al retiro de escombros. Las empresas dedicadas a la recolección de residuos peligrosos, PROTERRA, GEN, por lo general no brindan el servicio de retiro de escombros, sólo en casos excepcionales, cuando tienen desocupada la tolva, o firmando un contrato de un año.

De la información recolectada se puede observar que el precio varía dependiendo de la ubicación de la obra y la escombrera donde habrán de depositarse los desechos. Además se ha notado que en ocasiones sólo se da servicio a áreas cercanas al proveedor.

Ubicación del negocio	Teléfono	Capacidad (mts)	Costo
Topochico	83.76.80.15	7	\$ 750.00 - \$ 800.00
Santa Catarina	83.15.65.34	7	\$ 700.00
Guadalupe	83.61.13.52	7	\$ 650.00
Santa Catarina	83.88.31.70	7	\$ 750.00
PROMEDIO	-	7	\$ 730.00

Tabla D.2 Retiro de escombros en Monterrey.

Sin embargo, para los efectos de este estudio, se tomó solamente los costos de la recepción del material, para los cuales se tomaron las cantidades mostradas en el anexo A, donde el promedio por recepción de camiones de 7 m³ de capacidad es de \$67.50, por lo que queda un precio de \$9.64/m³.

ANEXO E

**TABLAS CON LOS DIFERENTES TIPOS DE ESCENARIOS PROPUESTOS,
PARA OBTENER LA TIR DEL PROYECTO.**

TERRENO
COSTO TERRENO
\$325 / M2
AREA TERRENO
30,000.0 M2

TERRENO
\$9,750,000

PROCESO	PRECIO
RECEPCION DE MATERIAL	\$ 6.00 /m3
VENTA AGREGADO RECICLADO	\$ 70.00 /m3

UNIDADES	UNIDADES	PRECIO/VIAJE
1 VIAJE	7.0 M3	\$ 42.00
1 VIAJE	7.0 M3	\$ 490.00

PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCION	CONSOLIDACION
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES

	PRELIMINARES		ARRANQUE		EJECUCION		CONSOLIDACION		
	1	2	1	3	4	5	6	7	8
INGRESOS									
TRIMESTRE	1	2	1	3	4	5	6	7	8
RECEPCION DE MATERIAL /VIAJE		1,200	2,200	2,800	3,500	4,000	4,500	4,600	
VENTA AGREGADO RECICLADO /VIAJE		250	580	790	890	1,100	1,750	2,200	
RECEPCION DE MATERIAL	0	50,400	92,400	117,600	147,000	168,000	189,000	193,200	
VENTA AGREGADO RECICLADO	0	122,500	284,200	387,100	436,100	539,000	857,500	1,078,000	
INGRESOS MENSUALES	\$ -	\$ 172,900	\$ 376,600	\$ 504,700	\$ 583,100	\$ 707,000	\$ 1,046,500	\$ 1,271,200	
INGRESOS MENSUALES ACUM	\$ -	\$ 172,900	\$ 549,500	\$ 1,054,200	\$ 1,637,300	\$ 2,344,300	\$ 3,390,800	\$ 4,662,000	
EROGACIONES									
TRIMESTRE	1	2	1	3	4	5	6	7	8
GASTOS INICIALES	\$ 11,110,000								
TERRENO	\$ 9,750,000								
ADAPTACION DE TERRENO	\$ 750,000								
OFICINAS	\$ 430,000								
URBANIZACION	\$ 180,000								
IMPREVISTOS	\$ 555,500								
MAQUINARIA	\$ 11,850,000								
BANDA TRANSPORTADORA	\$ 430,000								
TRITURADORA	\$ 4,950,000								
CRIBA	\$ 2,820,000								
RETROEXCAVADORA	\$ 500,000								
CARGADOR FRONTAL	\$ 1,250,000								
EXCAVADORA	\$ 1,350,000								
CAMIONES DE VOLTEO	\$ 550,000								
OPERACION	\$ 910,000								
ADMINISTRACION	\$ 480,000								
OPERADORES	\$ 180,000								
MANTENIMIENTO	\$ 170,000								
SERVICIOS	\$ 30,000								
GASTOS DE VENTA / PUBLICIDAD	\$ 50,000								
TOTAL	\$ 22,685,000	\$ 869,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000
FLUJO DEL PROYECTO									
TRIMESTRE	1	2	1	3	4	5	6	7	8
INGRESOS	\$ -	\$ 172,900	\$ 376,600	\$ 504,700	\$ 583,100	\$ 707,000	\$ 1,046,500	\$ 1,271,200	
EGRESOS	\$ 22,685,000	\$ 869,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	
APORTACION DE TERRENO	\$ 22,685,000	\$ 23,554,000	\$ 24,464,000	\$ 25,374,000	\$ 26,284,000	\$ 27,194,000	\$ 28,104,000	\$ 29,014,000	
Flujo ADI Proyecto	\$ (22,685,000)	\$ (696,100)	\$ (533,400)	\$ (405,300)	\$ (326,900)	\$ (203,000)	\$ 136,500	\$ 361,200	
Flujo ADI Acum Proyecto	\$ (22,685,000)	\$ (23,381,100)	\$ (23,914,500)	\$ (24,319,800)	\$ (24,646,700)	\$ (24,849,700)	\$ (24,713,200)	\$ (24,352,000)	
ISR 29%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Flujo Proyecto DDI	\$ (22,685,000)	\$ (696,100)	\$ (533,400)	\$ (405,300)	\$ (326,900)	\$ (203,000)	\$ 136,500	\$ 361,200	
Flujo Proyecto DDI Acum	\$ (22,685,000)	\$ (23,381,100)	\$ (23,914,500)	\$ (24,319,800)	\$ (24,646,700)	\$ (24,849,700)	\$ (24,713,200)	\$ (24,352,000)	
Capital Requerido	\$ (22,685,000)	\$ (696,100)	\$ (533,400)	\$ (405,300)	\$ (326,900)	\$ (203,000)	\$ 136,500	\$ 361,200	
Capital Acum. Requerido además de preventa	\$ (22,685,000)	\$ (23,381,100)	\$ (23,914,500)	\$ (24,319,800)	\$ (24,646,700)	\$ (24,849,700)	\$ (24,713,200)	\$ (24,352,000)	
TIR PROYECTO ADI	0.15%								
TIR PROYECTO DDI	0.15%								
CAPITAL FALTANTE (ARRANQUE)	\$ 24,849,700								

Tabla E.1 Obtención de la TIR en un escenario conservador

PROCESO	PRECIO	UNIDADES	UNIDADES	PRECIO/VIAJE
RECEPCIÓN DE MATERIAL	\$ 6.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 42.00
VENTA AGREGADO RECICLADO	\$ 80.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 560.00

TIEMPOS			
PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCIÓN	CONSOLIDACION
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES

	PRELIMINARES								ARRANQUE								EJECUCION								
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
INGRESOS																									
TRIMESTRE																									
RECEPCIÓN DE MATERIAL /VIAJE																									
VENTA AGREGADO RECICLADO /VIAJE																									
RECEPCIÓN DE MATERIAL																									
VENTA AGREGADO RECICLADO																									
INGRESOS MENSUALES																									
INGRESOS MENSUALES ACUM																									

	PRELIMINARES								ARRANQUE								EJECUCION								
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
EROGACIONES																									
TRIMESTRE																									
COSTOS INICIALES																									
TERRENO																									
ADAPTACIÓN DE TERRENO																									
OFICINAS																									
URBANIZACIÓN																									
IMPREVISTOS																									
MAQUINARIA																									
BANDA TRANSPORTADORA																									
TRITURADORA																									
CRIBA																									
RETROEXCAVADORA																									
CARGADOR FRONTAL																									
EXCAVADORA																									
CAMIONES DE VOLTEO																									
OPERACIÓN																									
ADMINISTRACIÓN																									
OPERADORES																									
MANTENIMIENTO																									
SERVICIOS																									
GASTOS DE VENTA / PUBLICIDAD																									
TOTAL																									

	PRELIMINARES								ARRANQUE								EJECUCION								
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
FLUJO DEL PROYECTO																									
TRIMESTRE																									
INGRESOS																									
EGRESOS																									
APORTACIÓN DE TERRENO																									
Flujo ADI Proyecto																									
Flujo ADI Acum Proyecto																									
ISR 29%																									
Flujo Proyecto DDI																									
Flujo Proyecto DDI Acum																									
Capital Requerido																									
Capital Acum. Requerido además de preventa																									

A 7 años	
TIR PROYECTO ADI	18.95%
TIR PROYECTO DDI	16.05%
CAPITAL FALTANTE (ARRANQUE)	\$ 23,551,200

Tabla E.2 Obtención de la TIR en un escenario esperado

PROCESO	PRECIO	UNIDADES	UNIDADES	PRECIO/VIAJE
RECEPCIÓN DE MATERIAL	\$ 6.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 42.00
VENTA AGREGADO RECICLADO	\$ 75.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 525.00

TIEMPOS			
PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCIÓN	CONSOLIDACIÓN
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES

	PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCION						
INGRESOS									
TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	
RECEPCIÓN DE MATERIAL /VIAJE		2,400	2,800	3,300	3,900	4,600	5,400	6,500	
VENTA AGREGADO RECICLADO /VIAJE		410	830	2,400	3,200	4,100	4,200	4,200	
RECEPCIÓN DE MATERIAL	0	100,800	117,600	138,600	163,800	193,200	226,800	273,000	
VENTA AGREGADO RECICLADO	0	215,250	435,750	1,260,000	1,680,000	2,152,500	2,205,000	2,205,000	
INGRESOS MENSUALES	\$ -	\$ 316,050	\$ 553,350	\$ 1,398,600	\$ 1,843,800	\$ 2,345,700	\$ 2,431,800	\$ 2,478,000	
INGRESOS MENSUALES ACUM	\$ -	\$ 316,050	\$ 869,400	\$ 2,268,000	\$ 4,111,800	\$ 6,457,500	\$ 8,889,300	\$ 11,367,300	

	7			
TRIMESTRE	25	26	27	
RECEPCIÓN DE MATERIAL	8,724	8,724	8,724	177,705
VENTA AGREGADO RECICLADO	5,637	5,637	5,637	115,491
RECEPCIÓN DE MATERIAL	366,423	366,423	366,423	7,463,604
VENTA AGREGADO RECICLADO	2,959,569	2,959,569	2,959,569	60,632,688
INGRESOS MENSUALES	\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 68,096,293
INGRESOS MENSUALES ACUM	\$ 61,444,310	\$ 64,770,301	\$ 68,096,293	

		1	2	3	4	5	6	7	8
EROGACIONES									
TRIMESTRE									
COSTOS INICIALES	\$ 12,572,500	\$ 2,060,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781
TERRENO	\$ 11,212,500	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781
ADAPTACIÓN DE TERRENO	\$ 750,000	\$ 750,000							
OFICINAS	\$ 430,000	\$ 430,000							
URBANIZACIÓN	\$ 180,000	\$ 180,000							
IMPREVISTOS	\$ 555,500	\$ 555,500							
MAQUINARIA	\$ 11,850,000	\$ 11,850,000							
BANDA TRANSPORTADORA	\$ 430,000	\$ 430,000							
TRITURADORA	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000							
CRIBA	\$ 2,820,000	\$ 2,820,000							
RETROEXCAVADORA	\$ 500,000	\$ 500,000							
CARGADOR FRONTAL	\$ 1,250,000	\$ 1,250,000							
EXCAVADORA	\$ 1,350,000	\$ 1,350,000							
CAMIONES DE VOLTEO	\$ 550,000	\$ 275,000	\$ 275,000						
OPERACIÓN	\$ 910,000	\$ 594,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000
ADMINISTRACIÓN	\$ 480,000	\$ 336,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000
OPERADORES	\$ 180,000	\$ 126,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000
MANTENIMIENTO	\$ 170,000	\$ 51,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000
SERVICIOS	\$ 30,000	\$ 21,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000
GASTOS DE VENTA / PUBLICIDAD	\$ 50,000	\$ 60,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000
TOTAL		\$ 13,635,781	\$ 1,569,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781

	7			
TRIMESTRE	25	26	27	
COSTOS INICIALES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12,572,500
TERRENO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,212,500
ADAPTACIÓN DE TERRENO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 750,000
OFICINAS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 430,000
URBANIZACIÓN	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 180,000
IMPREVISTOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 555,500
MAQUINARIA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,850,000
BANDA TRANSPORTADORA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 430,000
TRITURADORA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4,950,000
CRIBA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,820,000
RETROEXCAVADORA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500,000
CARGADOR FRONTAL	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,250,000
EXCAVADORA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,350,000
CAMIONES DE VOLTEO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 550,000
OPERACIÓN	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 27,785,710
ADMINISTRACIÓN	\$ 638,880	\$ 638,880	\$ 638,880	\$ 14,678,880
OPERADORES	\$ 239,580	\$ 239,580	\$ 239,580	\$ 5,504,580
MANTENIMIENTO	\$ 226,270	\$ 226,270	\$ 226,270	\$ 5,130,770
SERVICIOS	\$ 39,930	\$ 39,930	\$ 39,930	\$ 917,430
GASTOS DE VENTA / PUBLICIDAD	\$ 66,550	\$ 66,550	\$ 66,550	\$ 1,554,050
TOTAL	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 52,208,210

	1	2	3	4	5	6	7	8
FLUJO DEL PROYECTO								
TRIMESTRE								
INGRESOS	\$ -	\$ 316,050	\$ 553,350	\$ 1,398,600	\$ 1,843,800	\$ 2,345,700	\$ 2,431,800	\$ 2,478,000
EGRESOS	\$ 13,635,781	\$ 1,569,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781	\$ 1,610,781
Flujo ADI Proyecto	\$ (13,635,781)	\$ (1,253,731)	\$ (1,057,431)	\$ (212,181)	\$ 233,019	\$ 734,919	\$ 821,019	\$ 867,219
Flujo ADI Acum Proyecto	\$ (13,635,781)	\$ (14,889,513)	\$ (15,946,944)	\$ (16,159,125)	\$ (15,926,106)	\$ (15,191,188)	\$ (14,370,169)	\$ (13,502,950)
ISR 29%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Proyecto DDI	\$ (13,635,781)	\$ (1,253,731)	\$ (1,057,431)	\$ (212,181)	\$ 233,019	\$ 734,919	\$ 821,019	\$ 867,219
Flujo Proyecto DDI Acum	\$ (13,635,781)	\$ (14,889,513)	\$ (15,946,944)	\$ (16,159,125)	\$ (15,926,106)	\$ (15,191,188)	\$ (14,370,169)	\$ (13,502,950)
Capital Requerido	\$ (13,635,781)	\$ (1,253,731)	\$ (1,057,431)	\$ (212,181)	\$ 233,019	\$ 734,919	\$ 821,019	\$ 867,219
Capital Acum. Requerido además de preventa	\$ (13,635,781)	\$ (14,889,513)	\$ (15,946,944)	\$ (16,159,125)	\$ (15,926,106)	\$ (15,191,188)	\$ (14,370,169)	\$ (13,502,950)

	7			
TRIMESTRE	25	26	27	
INGRESOS	\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 68,096,293
EGRESOS	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 52,208,210
Flujo ADI Proyecto	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 15,888,083
Flujo ADI Acum Proyecto	\$ 11,658,520	\$ 13,773,301	\$ 15,888,083	
ISR 29%	\$ 2,453,146	\$ -	\$ -	
Flujo Proyecto DDI	\$ (338,365)	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 12,507,112
Flujo Proyecto DDI Acum	\$ 8,277,549	\$ 10,392,331	\$ 12,507,112	
Capital Requerido	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 15,888,083
Capital Acum. Requerido además de preventa	\$ 11,658,520	\$ 13,773,301	\$ 15,888,083	

A 7 años	
TIR PROYECTO ADI	17.69%
TIR PROYECTO DDI	15.08%
CAPITAL FALTANTE (ARRANQUE)	\$ 16,159,125

Tabla E.3 Obtención de la TIR en un escenario esperado, con el pago diferido del terreno

PROCESO	PRECIO	UNIDADES	UNIDADES	PRECIO/VIAJE
RECEPCIÓN DE MATERIAL	\$ 6.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 42.00
VENTA AGREGADO RECICLADO	\$ 75.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 525.00

TIEMPOS			
PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCIÓN	CONSOLIDACION
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES

	PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCION						
INGRESOS									
TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	
RECEPCIÓN DE MATERIAL /VIAJE		2,400	2,800	3,300	3,900	4,600	5,400	6,500	
VENTA AGREGADO RECICLADO /VIAJE		410	830	2,400	3,200	4,100	4,200	4,200	
RECEPCIÓN DE MATERIAL	0	100,800	117,600	138,600	163,800	193,200	226,800	273,000	
VENTA AGREGADO RECICLADO	0	215,250	435,750	1,260,000	1,680,000	2,152,500	2,205,000	2,205,000	
INGRESOS MENSUALES	\$ -	\$ 316,050	\$ 553,350	\$ 1,398,600	\$ 1,843,800	\$ 2,345,700	\$ 2,431,800	\$ 2,478,000	
INGRESOS MENSUALES ACUM	\$ -	\$ 316,050	\$ 869,400	\$ 2,268,000	\$ 4,111,800	\$ 6,457,500	\$ 8,889,300	\$ 11,367,300	

7			
25	26	27	
8,724	8,724	8,724	177,705
5,637	5,637	5,637	115,491
366,423	366,423	366,423	7,463,604
2,959,569	2,959,569	2,959,569	60,632,688
\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 68,096,293
\$ 61,444,310	\$ 64,770,301	\$ 68,096,293	

EROGACIONES										
TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8		
COSTOS INICIALES	\$ 12,572,500	\$ 2,060,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781
TERRENO	\$ 11,212,500	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781	\$ 700,781
ADAPTACIÓN DE TERRENO	\$ 750,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OFICINAS	\$ 430,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
URBANIZACIÓN	\$ 180,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IMPREVISTOS	\$ 555,500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
MAQUINARIA	\$ 13,545,000	\$ 1,087,188	\$ 1,087,188	\$ 812,188	\$ 812,188	\$ 812,188	\$ 812,188	\$ 812,188	\$ 812,188	\$ 812,188
BANDA TRANSPORTADORA	\$ 494,500	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906	\$ 30,906
TRITURADORA	\$ 5,692,500	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781	\$ 355,781
CRIBA	\$ 3,243,000	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688	\$ 202,688
RETROEXCAVADORA	\$ 575,000	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938	\$ 35,938
CARGADOR FRONTAL	\$ 1,437,500	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844	\$ 89,844
EXCAVADORA	\$ 1,552,500	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031	\$ 97,031
CAMIONES DE VOLTEO	\$ 550,000	\$ 275,000	\$ 275,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OPERACIÓN	\$ 910,000	\$ 594,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000
ADMINISTRACIÓN	\$ 480,000	\$ 336,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000
OPERADORES	\$ 180,000	\$ 126,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000
MANTENIMIENTO	\$ 170,000	\$ 51,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000
SERVICIOS	\$ 30,000	\$ 21,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000
GASTOS DE VENTA / PUBLICIDAD	\$ 50,000	\$ 60,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000
TOTAL	\$ 3,147,969	\$ 2,381,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969

7			
25	26	27	
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 12,572,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,212,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 750,000
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 430,000
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 180,000
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 555,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 13,545,000
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 494,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5,692,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,243,000
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 575,000
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,437,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,552,500
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 550,000
\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 27,785,710
\$ 638,880	\$ 638,880	\$ 638,880	\$ 14,678,880
\$ 239,580	\$ 239,580	\$ 239,580	\$ 5,504,580
\$ 226,270	\$ 226,270	\$ 226,270	\$ 5,130,770
\$ 39,930	\$ 39,930	\$ 39,930	\$ 917,430
\$ 66,550	\$ 66,550	\$ 66,550	\$ 1,554,050
\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 53,903,210

FLUJO DEL PROYECTO										
TRIMESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8		
INGRESOS	\$ -	\$ 316,050	\$ 553,350	\$ 1,398,600	\$ 1,843,800	\$ 2,345,700	\$ 2,431,800	\$ 2,478,000	\$ 3,325,991	\$ 68,096,293
EGRESOS	\$ 3,147,969	\$ 2,381,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 2,422,969	\$ 61,444,310	\$ 68,096,293
APORTACIÓN DE TERRENO	\$ 3,147,969	\$ 5,529,938	\$ 7,952,906	\$ 10,375,875	\$ 12,798,844	\$ 15,221,813	\$ 17,644,781	\$ 20,067,750	\$ 1,211,210	\$ 53,903,210
Flujo ADI Proyecto	\$ (3,147,969)	\$ (2,065,919)	\$ (1,869,619)	\$ (1,024,369)	\$ (579,169)	\$ (77,269)	\$ 8,831	\$ 55,031	\$ 2,114,781	\$ 14,193,083
Flujo ADI Acum Proyecto	\$ (3,147,969)	\$ (5,213,888)	\$ (7,083,506)	\$ (8,107,875)	\$ (8,687,044)	\$ (8,764,313)	\$ (8,755,481)	\$ (8,700,450)	\$ 9,963,520	\$ 14,193,083
ISR 29%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,453,146	\$ -
Flujo Proyecto DDI	\$ (3,147,969)	\$ (2,065,919)	\$ (1,869,619)	\$ (1,024,369)	\$ (579,169)	\$ (77,269)	\$ 8,831	\$ 55,031	\$ (338,365)	\$ 11,303,662
Flujo Proyecto DDI Acum	\$ (3,147,969)	\$ (5,213,888)	\$ (7,083,506)	\$ (8,107,875)	\$ (8,687,044)	\$ (8,764,313)	\$ (8,755,481)	\$ (8,700,450)	\$ 7,074,099	\$ 11,303,662
Capital Requerido	\$ (3,147,969)	\$ (1,365,138)	\$ (1,168,838)	\$ (323,588)	\$ 121,613	\$ 623,513	\$ 709,613	\$ 755,813	\$ 2,114,781	\$ 24,704,802
Capital Acum. Requerido además de preventiva	\$ (3,147,969)	\$ (4,513,106)	\$ (5,681,944)	\$ (6,005,531)	\$ (5,883,919)	\$ (5,260,406)	\$ (4,550,794)	\$ (3,794,981)	\$ 20,475,239	\$ 22,590,020

7			
25	26	27	
\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 3,325,991	\$ 68,096,293
\$ 61,444,310	\$ 64,770,301	\$ 68,096,293	
\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 1,211,210	\$ 53,903,210
\$ 51,480,790	\$ 52,692,000	\$ 53,903,210	
\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10,511,719
\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 14,193,083
\$ 9,963,520	\$ 12,078,301	\$ 14,193,083	
\$ 2,453,146	\$ -	\$ -	
\$ (338,365)	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 11,303,662
\$ 7,074,099	\$ 9,188,881	\$ 11,303,662	
\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 2,114,781	\$ 24,704,802
\$ 20,475,239	\$ 22,590,020	\$ 24,704,802	

A 7 años	
TIR PROYECTO ADI	21.96%
TIR PROYECTO DDI	18.97%
CAPITAL FALTANTE (ARRANQUE)	\$ 6,005,531

Tabla E.4 Obtención de la TIR en un escenario esperado, con varios pagos diferidos

PROCESO	PRECIO	UNIDADES	UNIDADES	PRECIO/VIAJE
RECEPCIÓN DE MATERIAL	\$ 6.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 42.00
VENTA AGREGADO RECICLADO	\$ 75.00 /m3	1 VIAJE	7.0 M3	\$ 525.00

TIEMPOS			
PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCIÓN	CONSOLIDACION
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES
4 MESES	2 MESES	24 MESES	24 MESES

	PRELIMINARES	ARRANQUE	EJECUCION							
			1	2	3	4	5	6	7	8
INGRESOS										
TRIMESTRE			1	2	3	4	5	6	7	8
RECEPCIÓN DE MATERIAL /VIAJE				2,400	5,500	8,300	12,100	12,500	13,200	13,500
VENTA AGREGADO RECICLADO /VIAJE				410	4,500	7,500	10,200	11,300	11,900	12,050
RECEPCIÓN DE MATERIAL			0	100,800	231,000	348,600	508,200	525,000	554,400	567,000
VENTA AGREGADO RECICLADO			0	215,250	2,362,500	3,937,500	5,355,000	5,932,500	6,247,500	6,326,250
INGRESOS MENSUALES		\$ -	\$ 316,050	\$ 2,593,500	\$ 4,286,100	\$ 5,863,200	\$ 6,457,500	\$ 6,801,900	\$ 6,893,250	
INGRESOS MENSUALES ACUM		\$ -	\$ 316,050	\$ 2,909,550	\$ 7,195,650	\$ 13,058,850	\$ 19,516,350	\$ 26,318,250	\$ 33,211,500	

	EJECUCION							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EROGACIONES								
TRIMESTRE								
COSTOS INICIALES	\$ 11,110,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TERRENO	\$ 9,750,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ADAPTACIÓN DE TERRENO	\$ 750,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OFICINAS	\$ 430,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
URBANIZACIÓN	\$ 180,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
IMPREVISTOS	\$ 555,500	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
MAQUINARIA	\$ 11,850,000	\$ 275,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
BANDA TRANSPORTADORA	\$ 430,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TRITURADORA	\$ 4,950,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CRIBA	\$ 2,820,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
RETROEXCAVADORA	\$ 500,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CARGADOR FRONTAL	\$ 1,250,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EXCAVADORA	\$ 1,350,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CAMIONES DE VOLTEO	\$ 550,000	\$ 275,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
OPERACIÓN	\$ 910,000	\$ 594,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000
ADMINISTRACIÓN	\$ 480,000	\$ 336,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000	\$ 480,000
OPERADORES	\$ 180,000	\$ 126,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000	\$ 180,000
MANTENIMIENTO	\$ 170,000	\$ 51,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000	\$ 170,000
SERVICIOS	\$ 30,000	\$ 21,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000	\$ 30,000
GASTOS DE VENTA / PUBLICIDAD	\$ 50,000	\$ 60,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000
TOTAL	\$ 22,685,000	\$ 869,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000

	EJECUCION							
	1	2	3	4	5	6	7	8
FLUJO DEL PROYECTO								
TRIMESTRE								
INGRESOS	\$ -	\$ 316,050	\$ 2,593,500	\$ 4,286,100	\$ 5,863,200	\$ 6,457,500	\$ 6,801,900	\$ 6,893,250
EGRESOS	\$ 22,685,000	\$ 869,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000	\$ 910,000
APORTACIÓN DE TERRENO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo ADI Proyecto	\$ (22,685,000)	\$ (552,950)	\$ 1,683,500	\$ 3,376,100	\$ 4,953,200	\$ 5,547,500	\$ 5,891,900	\$ 5,983,250
Flujo ADI Acum Proyecto	\$ (22,685,000)	\$ (23,237,950)	\$ (21,554,450)	\$ (18,178,350)	\$ (13,225,150)	\$ (7,677,650)	\$ (1,785,750)	\$ 4,197,500
ISR 29%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Proyecto DDI	\$ (22,685,000)	\$ (552,950)	\$ 1,683,500	\$ 3,376,100	\$ 4,953,200	\$ 5,547,500	\$ 5,891,900	\$ 5,983,250
Flujo Proyecto DDI Acum	\$ (22,685,000)	\$ (23,237,950)	\$ (21,554,450)	\$ (18,178,350)	\$ (13,225,150)	\$ (7,677,650)	\$ (1,785,750)	\$ 4,197,500
Capital Requerido	\$ (22,685,000)	\$ (552,950)	\$ 1,683,500	\$ 3,376,100	\$ 4,953,200	\$ 5,547,500	\$ 5,891,900	\$ 5,983,250
Capital Acum. Requerido además de preventa	\$ (22,685,000)	\$ (23,237,950)	\$ (21,554,450)	\$ (18,178,350)	\$ (13,225,150)	\$ (7,677,650)	\$ (1,785,750)	\$ 4,197,500

A 7 años	
TIR PROYECTO ADI	89.27%
TIR PROYECTO DDI	77.47%
CAPITAL FALTANTE (ARRANQUE)	\$ 23,237,950

Tabla E.5 Obtención de la TIR en un escenario ideal