



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

EVALUACIÓN FINANCIERA DE PEQUEÑAS PLANTAS MÓVILES DE
RECICLAJE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN MÉXICO.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
MICHAEL MAURICIO MUÑOZ SOCHA

TUTOR:
DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO.
Facultad de Ingeniería

CIUDAD DE MÉXICO. NOVIEMBRE DE 2016

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. CANDELAS RAMÍREZ LUIS
Secretario: M.I. MENDOZA ROSAS MARCO TULIO
Vocal: Dr. MEZA PUESTO JESÚS HUGO
1^{er.} Suplente: ING. SOLARES ALEMÁN FRANCISCO JAVIER
2^{do.} Suplente: M.I. MACUIL ROBLES SERGIO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: CIUDAD DE MÉXICO.

TUTOR DE TESIS:

Dr. JESÚS HUGO MEZA PUESTO

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Me entregaba una fruta mientras señalaba al viejo que barría la calle dándome la instrucción de entregársela; mi madre me enseñaba humildad y amor al prójimo.

Desempeñaba su arte de manera única, dominaba sus herramientas como si fueran parte de su cuerpo; evitaba el desperdicio de material como si cada grano de arena o cemento le fuera a faltar justo antes de finalizar su obra; aunque con poca formación, atacaba cualquier problema con soluciones lógicas, que tras años de estudio apenas logro entender; mi padre me enseñaba el verdadero significado del trabajo.

Con gran pasión, él dibujaba el sistema solar en el pizarrón; hacía ver la ciencia como aquello que nos ayudaría a entender el mundo; revisaba cuidadosamente mi tarea explicándome en que había fallado; nadie lo evaluaba, nadie lo observaba, nadie le agradecía, recibía a cambio lo necesario para subsistir. “Luis” sembró en mi la curiosidad por entender el mundo y con ello el amor a la ciencia y la academia.

Agradezco a los campesinos y obreros del mundo, que con sus acciones impulsan a sus hijos a construir un mundo mejor, en este grupo mis padres.

Agradezco a los maestros con vocación, los que logran transmitir a las siguientes generaciones la necesidad de entender y transformar la sociedad en la que vivimos.

Agradezco al pueblo Mexicano, porque gracias al esfuerzo que realizan con el pago de sus impuestos hacen posible la existencia de instituciones educativas públicas como la Universidad Nacional Autónoma de México y de entidades como el CONACyT, permitiendo a la población de bajos recursos acceder a la educación. De igual forma agradezco a la población Colombiana porque de la misma forma hacen posible el funcionamiento de la Universidad Nacional de Colombia.

Finalmente agradezco a las fundaciones, redes, entidades, organizaciones o individuos, que lejos del ánimo de lucro, luchan por construir una sociedad incluyente, equitativa, justa y respetuosa de la Naturaleza.

ÍNDICE

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	6
ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	9
OBJETIVOS	9
HIPÓTESIS	9
UTILIDAD	10
<u>1. CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE</u>	<u>11</u>
1.1 DEFINICIONES	11
1.1.1. SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD	11
1.1.2. DESARROLLO	12
1.1.3. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	13
1.1.4. CORRESPONSABILIDAD	13
1.2 ORIGEN DE LOS RCD	13
1.3 DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LOS RCD	14
1.4 MARCO LEGISLATIVO	15
1.4.1 ASPECTOS RELEVANTES DE NADF-007-RNAT-2013	16
1.5 ASPECTOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS RECICLADOS	19
1.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	20
<u>2. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL MERCADO</u>	<u>21</u>
2.1 RESUMEN DEL CAPÍTULO	21
2.2 PRONÓSTICO DEL FLUJO DE MATERIAL A RECICLAR EN LA PLANTA	21
2.2.1 RELACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RCD Y EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN	22
2.2.2 CÁLCULO DE ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN DE RCD, BASADO EN SU RELACIÓN CON EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN	24
2.2.3 RELACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RCD Y LA DENSIDAD DE LA POBLACIÓN	25
2.2.4 RELACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RCD Y SUPERFICIE CONSTRUIDA	26
2.3 FLUJO DE MATERIAL A RECICLAR EN LA PLANTA	27
2.3.1 COMPOSICIÓN DE LOS RCD	28
2.3.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RCD QUE SE VAN A TRATAR EN LA PLANTA	29
2.4 DETERMINACIÓN DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL A RECICLAR Y FLUJO DE SALIDA O VENTA	33
2.5 ANÁLISIS DE PLANTAS DE RECICLADO DE RCD A NIVEL REGIONAL	33
2.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	37
<u>3. CAPÍTULO III. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL ANÁLISIS FINANCIERO</u>	<u>38</u>
3.1 RESUMEN DEL CAPÍTULO	38
3.2 PRODUCCIÓN TOTAL DE RCD EN LA POBLACIÓN (PT)	38
3.3 PORCENTAJE DE RCD DE DEMANDA (%D)	40
3.4 PORCENTAJES DE PRODUCCIÓN DE AGREGADO RECICLADO	41

3.5 COSTOS	43
3.6 PRECIO DE VENTA	44
3.7 .CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	45
4. <u>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RCD EN MÉXICO.....</u>	46
4.1 PROPUESTA DE MEJORA.....	47
5. <u>CAPÍTULO V. ANÁLISIS FINANCIERO DE ALTERNATIVAS</u>	49
5.1 ALTERNATIVA No 1	49
5.1.1 DESCRIPCIÓN.....	49
5.1.2 FLUJO DE OPERACIÓN.....	51
5.1.3 ESCENARIO 1.....	54
5.1.4 ANÁLISIS DE COSTOS	56
5.1.5 PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO	57
5.1.6 ANÁLISIS FINANCIERO DE ALTERNATIVA 1.	58
5.2 ALTERNATIVA No 2	60
5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	61
5.2.2 ANÁLISIS DE COSTOS	62
5.2.3 PROYECTO TIPO	63
5.2.4 PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO	64
5.2.5 ANÁLISIS FINANCIERO DE ALTERNATIVA 2.....	64
6. <u>CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y DE RIESGO DEL PROYECTO.</u>	66
7. <u>CAPÍTULO VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	70
8. <u>CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES</u>	73
8.1 CONCLUSIONES GENERALES	75
8.2 ASPECTOS A ESTUDIAR	75
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	76
10. <u>APENDICES Y ANEXOS</u>	77

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El ser humano, a diferencia de otros seres vivos presentes en el planeta, se ha caracterizado por una tendencia a transformar el hábitat en el que se encuentra inmerso. Desafortunadamente, este tipo de hábitos han venido ocasionando una serie de afectaciones a los recursos naturales que a su vez, son necesarios para su supervivencia.

En el sector de la Construcción, existen una gran cantidad de factores que causan un impacto ambiental negativo; los materiales empleados en la construcción provienen de procesos industriales que generan contaminación al medio ambiente; grandes porcentajes de áreas verdes han sido destruidas para la construcción de infraestructura; en el mundo se generan millones de residuos de construcción y demolición al año.

El impacto ambiental de la generación de los residuos de la construcción y demolición es muy alto, en especial en los países en los que no se implementan planes de manejo y reciclaje de estos residuos.

La generación de residuos representa una constante en las obras de construcción y demolición. En México, se desechan millones de toneladas al año de material proveniente de las obras de construcción, la disposición final de estos desechos se realiza en su gran mayoría en botaderos clandestinos o rellenos sanitarios, generando problemas de contaminación.

En los procesos de demolición y construcción se desechan materiales que pueden ser reutilizados o reciclados para su aprovechamiento en otros procesos de construcción o procesos industriales. A partir de procesos de reciclado de escombros es posible obtener agregados para la elaboración de concreto.

Los agregados naturales son un recurso no renovable, por lo que su explotación tenderá a extinguirse en el largo plazo. Esta situación es mucho más evidente en

países Europeos, en donde la escasez de áridos ha impulsado el desarrollo de prácticas de reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición.

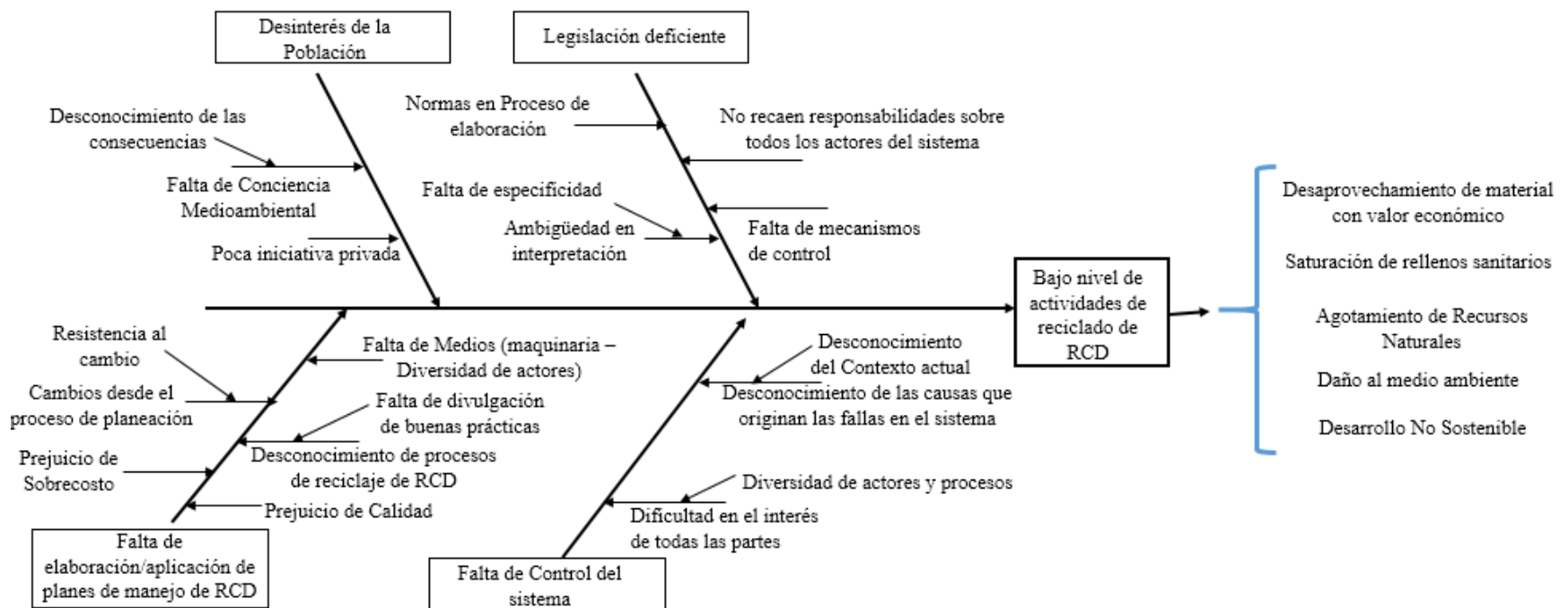
El concepto de construcción sustentable ha venido adquiriendo gran importancia en las últimas décadas, abarcando diversidad de factores que intervienen en los procesos de construcción. Este concepto engloba el aspecto social, económico y ambiental, planteando el desarrollo en función de las futuras generaciones.

En las últimas décadas, se han venido desarrollando tecnologías y procedimientos en general, que impulsan el desarrollo sustentable. El reciclaje de residuos de la construcción y demolición representa una alternativa para el sector de la construcción que contribuye a este esfuerzo.

Por tal motivo, resulta necesaria la creación de plantas de reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición que se encarguen de transformar los residuos en productos aprovechables. Este tipo de iniciativas pueden ser implementadas por entidades gubernamentales, por empresas privadas o por asociaciones público-privadas. De cualquier forma, se hace necesario realizar un estudio de factibilidad financiera que evalúe la viabilidad del proyecto de inversión.

Adicionalmente los planes de la Secretaría de Medio Ambiente en los que se pretende aumentar los porcentajes de reciclado de RCD en México, no pueden ser llevados a la realidad sin la introducción de nuevas plantas de reciclado.

Los principales interrogantes a resolver son: ¿Las pequeñas plantas móviles de reciclaje de RCD son financieramente viables?, ¿La introducción de nuevas plantas móviles de reciclaje de RCD aportan positivamente a la solución de la problemática de residuos de Construcción y Demolición en el país?



ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se plantea una evaluación financiera de diversas alternativas de reciclaje de RCD que puedan ser transformados en agregados reciclados (residuos de tabique, concreto, mampostería, cerámicos y materiales de similares características) mediante la implementación de pequeñas plantas móviles que no representen grandes inversiones y que puedan ser trasladadas con facilidad a las obras en donde se requieran.

OBJETIVOS

➤ OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad financiera de la introducción de pequeñas plantas de reciclaje de residuos de construcción y demolición en México.

➤ OBJETIVOS PARTICULARES

Aportar una herramienta que permita a los posibles inversionistas interesados en el reciclaje tomar decisiones con respecto a las diferentes alternativas de inversión.

Establecer los factores que se deben tener en cuenta para el diseño una pequeña planta móvil de RCD.

Establecer las variables que influyen en el análisis de viabilidad financiera y el impacto de cada una de ellas en los resultados.

Desarrollar propuestas para aumentar el desarrollo de prácticas de reciclaje en la industria de la construcción en México.

Realizar una revisión del marco legal aplicable.

Realizar una comparación de costos para el constructor, en cuanto a las alternativas de comprar agregado virgen y agregado reciclado.

Realizar un aporte al desarrollo sostenible de la sociedad.

HIPÓTESIS

La implementación de pequeñas plantas móviles de reciclaje de RCD en México representa una alternativa favorable financieramente.

UTILIDAD

Cualquier iniciativa pública o privada referente a la creación de plantas de reciclaje de residuos de construcción y demolición, requiere del estudio financiero de las diferentes alternativas que se pueden presentar en los diferentes escenarios. En esta investigación se desarrolla un proceso de evaluación financiera que permite inferir el nivel de conveniencia de la inversión en una planta móvil de agregados reciclados, así como adquirir herramientas que permiten elegir la mejor alternativa.

Por lo anterior, esta investigación puede representar una herramienta para inversionistas interesados en la creación de una planta de reciclados de RCD en México. La evaluación Financiera de actividades de reciclaje de residuos de construcción y demolición lleva a establecer parámetros que permiten a las entidades gubernamentales o inversionistas tomar decisiones con menores riesgos.

Por otra parte, se requiere de la creación de nuevas plantas de reciclaje de RCD para lograr que las actividades que se desarrollan en el sector de la construcción trasciendan hacia la construcción sostenible y aporten a un verdadero desarrollo del país y de esta manera cumplir con los planes de gestión que se empiezan a desarrollar actualmente en el México.

1. Capítulo I. Estado del Arte

Este capítulo contiene en primer lugar los conceptos básicos que se relacionan con los residuos de Construcción y demolición, así como la terminología empleada en esta investigación; a continuación, se desarrolla el aspecto de origen y diagnóstico actual y finalmente el marco legal aplicable.

1.1 Definiciones

En las últimas décadas han venido tomando fuerza algunos términos que se enmarcan en el contexto ambiental, desafortunadamente muchos de estos tienden a ser mal interpretados. Aunque esta investigación no contiene un análisis de tipo ambiental, se requiere tener claridad de algunos términos que serán usados en su desarrollo.

1.1.1. Sustentabilidad y Sostenibilidad

Los términos de sustentabilidad y sostenibilidad son a menudo usados de manera general para referirse a la inclusión de prácticas de disminución del impacto negativo al medio ambiente al realizar cualquier tipo de actividad; sin embargo, estos términos poseen un significado particular que se enmarcan dentro de un desarrollo económico, social y ambiental.

La construcción sustentable está relacionada con la racionalidad en el uso de los recursos disponibles.¹

La sostenibilidad hace referencia a la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin afectar a las generaciones futuras, en otras palabras, se define como la capacidad del hombre de satisfacer sus necesidades

¹ CMIC, Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición, pág. 5.

conservando su entorno a través del tiempo. La primera definición de este concepto fue formulada por las Naciones Unidas:

Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.²

Se observa que esta definición no se enmarca dentro del sector ambiental de manera específica.

Algunos autores hacen diferenciación de los términos sustentable y sostenible; en el idioma inglés, no se hace distinción de los dos términos³; en esta investigación se enmarcan los dos términos en el mismo concepto anteriormente descrito.

1.1.2. Desarrollo

El desarrollo es sinónimo de crecimiento y evolución. Es un término que se define desde diferentes puntos de vista como el desarrollo económico, desarrollo social, desarrollo humano, desarrollo personal, entre otros; todas estas formas de referirse al desarrollo contienen dos elementos importantes que llevan a una definición precisa de desarrollo: tiempo y cambio.

De esta forma, dentro de un sistema cualquiera, el desarrollo es la transformación o el cambio de estado que debe ser positivo para los elementos de un sistema y que se mantiene como positivo a través del tiempo. El desarrollo social se define entonces como el cambio de estado de la sociedad que se muestra como positivo para las mayorías y que seguirá siendo positivo para las futuras generaciones.

Lo anterior nos lleva a concluir que el concepto de desarrollo sostenible es de por sí redundante, pues con el termino desarrollo ya implica la sostenibilidad.

² Naciones Unidas. Comisión Brundtland: Nuestro Futuro Común, Report of the World Commission on Environment and Development, 1987

³ Se usa "sustainability" para referirse a los dos términos.

1.1.3. Residuos de Construcción y Demolición

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), suelen ser entendidos como los “escombros” producidos en los procesos de demolición y construcción; sin embargo, este tipo de residuos enmarcan un conjunto de materiales grande y diverso.

Bajo la denominación de residuos de construcción y demolición se incluye una variada serie de materiales.⁴

Los residuos de Construcción y Demolición son todos aquellos materiales inertes (no peligrosos) que son considerados como sobrantes dentro del proceso de construcción o resultantes de procesos de demolición. Se incluye en esta clasificación una diversidad de materiales como los metales, los áridos, vidrio, plástico, cartón, entre otros. Este tipo de residuos representan un factor siempre presente tanto en los procesos de construcción como en los procesos de demolición.

1.1.4. Corresponsabilidad

El concepto de corresponsabilidad hace referencia en esta investigación a la responsabilidad que comparten los órdenes de gobierno y los diferentes actores que participan en la cadena de valor del sector de la construcción, con respecto al tratamiento y manejo de los RCD.

1.2 Origen de los RCD

Los RCD pueden ser originados por factores antrópicos o por factores Naturales. El crecimiento acelerado de la población en el mundo ha venido generando que las prácticas de demolición y construcción sean cada vez más necesarias para

⁴ Boletín Oficial del Estado - BOE núm. 166, Madrid, 12 de Julio de 2001

satisfacer las necesidades de la población. Estas prácticas generan grandes cantidades de residuos que, en su mayoría, pueden ser reciclados o reutilizados.

Los desastres naturales traen consigo una serie de consecuencias negativas para la infraestructura de las regiones afectadas; estas consecuencias se materializan en la generación de grandes cantidades de escombros y residuos.

En general, los RCD se originan en las actividades de construcción y demolición producidas por el hombre y por la Naturaleza.

1.3 Diagnóstico actual de los RCD

El artículo 19 de la Ley General para la Gestión Integral de Residuos, clasifica a los residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general, en el grupo VII de residuos especiales.

La cámara Mexicana de la Industria de la Construcción estima que el volumen de RCD producidos en México se aproxima a seis millones de toneladas (año base 2011), considerando dos escenarios de crecimiento del sector estiman una generación de RCD de entre 9 y 10 millones de Toneladas para el 2018.⁵ La generación promedio de RCD es de 6'111.000 Ton /año (Promedio de los RCD generados en los años 2007 y 2008).⁶ La SEMARNAT estima que los RCD representan el 17.5% de los Residuos sólidos Urbanos.

En cuestión de aprovechamiento, SEMARNAT (2009) indica que en el Distrito Federal, se reciclaron el 13.5% de RCD generados y el 6% fue reutilizado, en el 2007. De los RCD generados por las compañías constructoras, solamente el 1% se implementa en reuso y el 4.2% es reciclado.⁷

⁵ Datos tomados de: CMIC, Plan de Manejo de residuos de Construcción y Demolición, pág. 16

⁶ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. México, 2012. Pág. 61.

⁷ Ibídem. Datos inferidos de figura 5.5.1, pág.21

1.4 Marco Legislativo

La Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción ha desarrollado en los últimos años un Plan de Manejo para los Residuos de Construcción y Demolición (PM-RCD) con el objetivo de promover la construcción sustentable, minimizar la generación de RCD y maximizar su aprovechamiento; en la ilustración 1.1 se muestra el fundamento legal del plan.

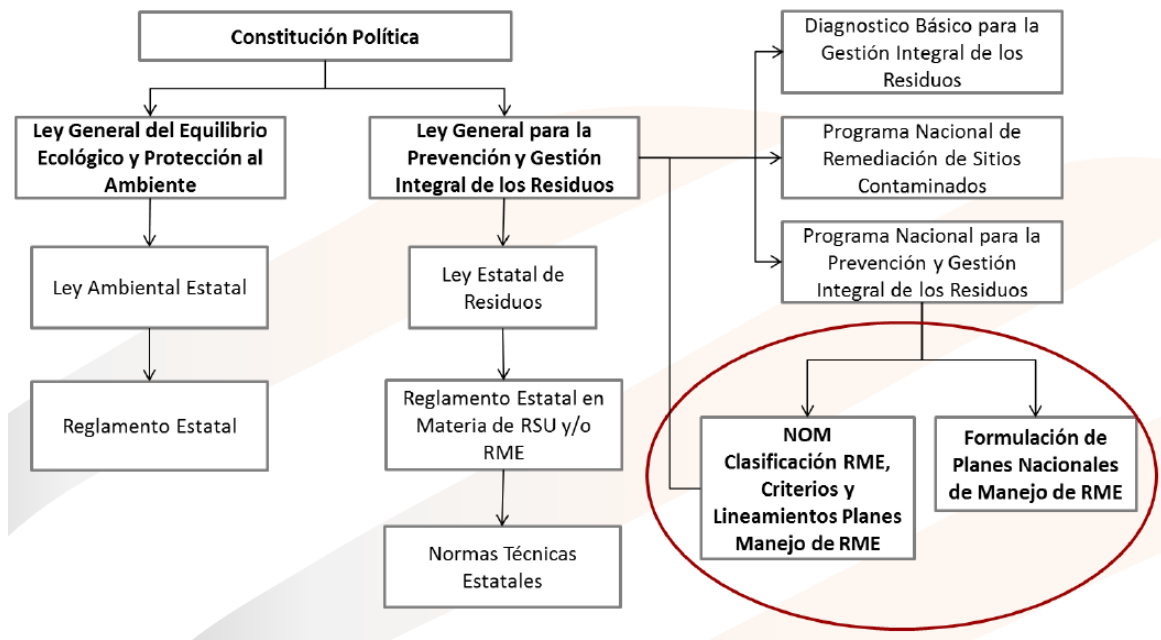


Ilustración 1.1. Fundamento Legal del PM-RCD. Fuente: PM-RCD CMIC.

La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal clasifica a los residuos de la construcción como uno de los residuos que deben ser manejados de manera especial dentro de la Ciudad de México. La Secretaría de Medio Ambiente ha venido desarrollando en los últimos años normativas que impulsan el manejo adecuado de este tipo de residuos. La Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013 publicada en febrero de 2015, establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal, introduciendo un nuevo marco legislativo que aporta nuevos parámetros para la disposición de los RCD.

1.4.1 Aspectos relevantes de NADF-007-RNAT-2013

El objeto de esta norma es establecer la clasificación y especificaciones de manejo de los residuos de la construcción para optimizar su control, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada. Aunque el alcance de la norma se enmarca en el Distrito Federal, puede ser punto de partida para otros Estados de México.

La Norma establece la clasificación de los residuos de la construcción como se muestra a continuación:

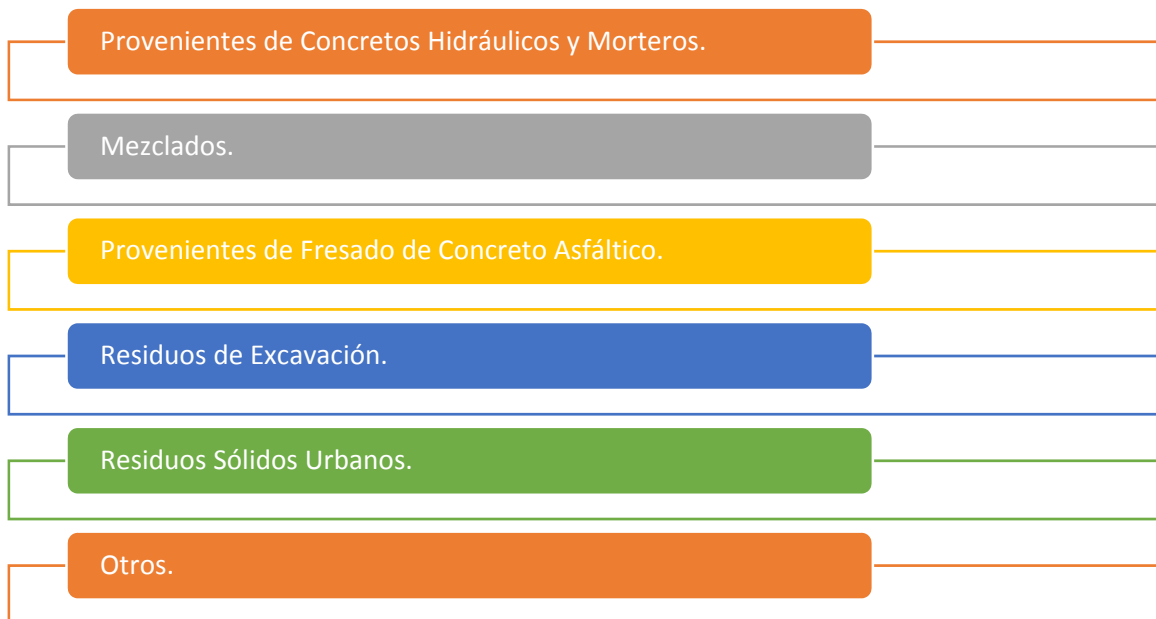


Ilustración 1.2. Clasificación RCD según normativa vigente. Fuente: Elaboración propia.

La norma establece que los residuos deben separarse según la anterior clasificación.

Los generadores de residuos se clasifican en los que generan menos de 3 m³ de escombros, quienes deben contar con responsiva de entrega a centros de acopio y

dar aviso a la delegación del inicio de obra; los que generan entre 3m³ y 7m³ y los que generan más de 7m³ quienes deben contar con un plan de manejo de residuos. Los aspectos más relevantes de la norma son:

- a) Queda estrictamente prohibido descargar, depositar o disponer residuos de la construcción y demolición en lugares distintos a los centros de acopio, centros de reciclaje o sitios de disposición final autorizados.⁸
- b) El generador de residuos de la construcción y demolición, así como los distintos actores que intervienen desde la integración del proyecto ejecutivo de la obra, serán corresponsables de su adecuado manejo de acuerdo a sus actividades y conforme a lo siguiente:

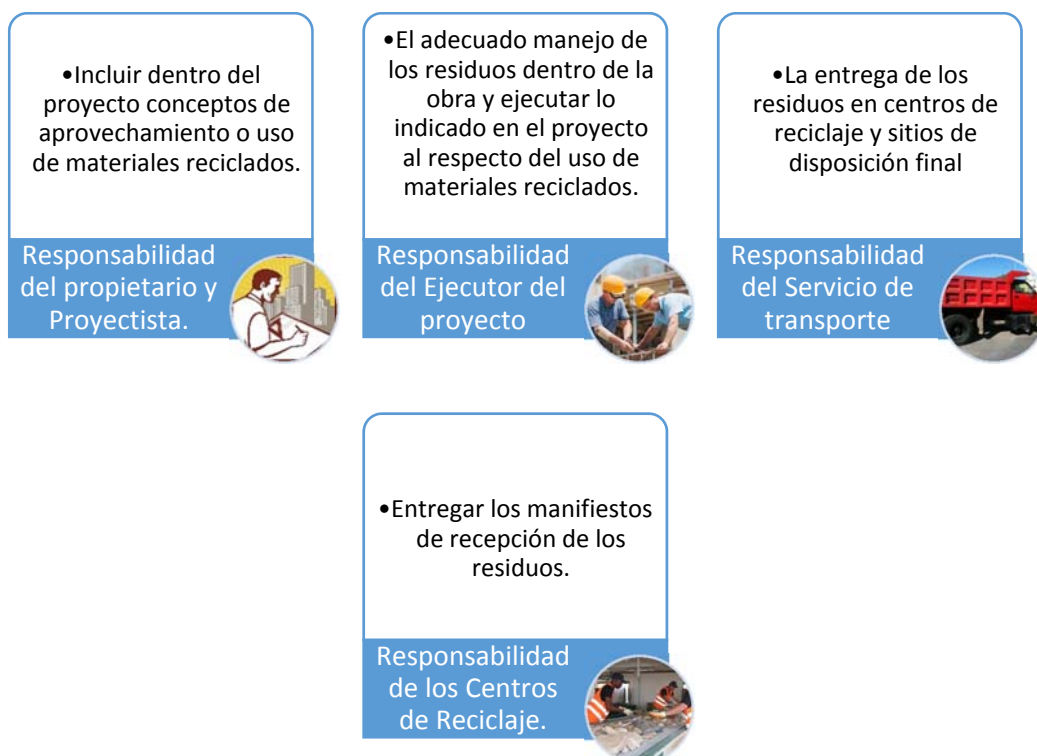


Ilustración 1.3. Responsabilidades de actores según nueva normativa. Fuente: Elaboración propia.

- c) Los residuos generados en obra deben separarse según la clasificación descrita anteriormente.
- d) Los generadores de residuos de la construcción y demolición deberán reciclar o reusar in situ sus residuos o enviarlos a un centro autorizado.

⁸ Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, Secretaría del medio ambiente.

- e) La Secretaría y la Secretaría de Obras y Servicios promoverán la inclusión en el catálogo de conceptos unitarios correspondiente los conceptos necesarios para facilitar el uso de agregados reciclados.⁹
- f) Para el aprovechamiento de los residuos de la construcción, los generadores deben enviar a reciclaje por lo menos un 30% de los residuos de la construcción durante el primer año de aplicación de la norma ambiental, incrementándose dicho porcentaje en un 15 % anual hasta llegar al 100 % como óptimo.¹⁰
- g) Para el aprovechamiento de los residuos anteriormente mencionados deben reusar directamente en el sitio de generación al menos el 10 % los residuos generados, salvo que el interesado demuestre mediante estudios y pruebas de laboratorio acreditados un porcentaje diferente que garantice las especificaciones técnicas de proyecto, así como del correspondiente estudio costo-beneficio; debiendo indicar en el plan de manejo de residuos el reuso que se les dará a dichos residuos.¹¹
- h) Aprovechamiento de los residuos de la construcción. En las siguientes obras se debe sustituir al menos un 25% de los materiales vírgenes por materiales reciclados:
- Subbase en caminos;
 - Subbase en estacionamientos;
 - Carpetas asfálticas para vialidades secundarias;
 - Construcción de terraplenes;
 - Cubierta en relleno sanitario;
 - Construcción de andadores o ciclo pistas;
 - Construcción de lechos para tubería;
 - Construcción de bases de guarniciones y banquetas;
 - Rellenos y terraplenes; Bases hidráulicas.

⁹ Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013, Secretaría del medio ambiente.

¹⁰ *Ibíd.*

¹¹ *Ibíd.*

Todos los puntos anteriormente mencionados se observan favorables para el aumento de la práctica de reciclaje y reuso de materiales en el sector de la construcción.

1.5 Aspectos de Calidad de los agregados reciclados

El objetivo de la presente investigación no es determinar las propiedades características de los agregados reciclados, sin embargo, se considera necesario indicar algunas de estas propiedades para extraer conclusiones acerca del comportamiento de este material en comparación con el de los agregados Naturales.

Existen variedad de estudios que comparan las propiedades de los agregados reciclados con los Naturales, en particular, a continuación se describen los resultados de la investigación realizada por Joe M. Gómez, Luis Agulló y Enric Vázquez, denominada “Cualidades Físicas y Mecánicas de los Agregados Reciclados de Concreto. Aplicación en Concretos”. De esta investigación se rescatan las siguientes conclusiones:

- a) Los agregados de reciclado de concreto, tienden a ser menos esféricos (20%) en comparación con los agregados Naturales, lo cual es por un lado resulta negativo para la manejabilidad del concreto en su estado plástico pero por otro lado positivo para el entramamiento entre los agregados y la pasta.
- b) El contenido de material que pasa la malla #200 (limos y arcillas), es muy bajo para los agregados reciclados.
- c) El ensayo de la máquina de los ángeles muestra que la resistencia al desgaste de los agregados reciclados es significativamente menor al de los agregados Naturales. Esta propiedad afecta la resistencia y durabilidad del concreto.
- d) Los agregados reciclados procedentes de concreto tienen más poros, lo que implica un mayor porcentaje de absorción de agua y una densidad menor en comparación con los agregados naturales.

- e) Las propiedades mecánicas de los concretos realizados con agregados reciclados resultan inferiores a los concretos fabricados con agregado natural, sin embargo, los primeros llegan a alcanzar valores que se exigen comúnmente.

1.6 Conclusiones del capítulo

El desarrollo de un país se ve reflejado en su capacidad de generar mejor calidad de vida para sus habitantes y garantizar esta calidad a las futuras generaciones, por esta razón, la sostenibilidad adquiere un papel primordial para el desarrollo. Al respecto, las cifras de producción y aprovechamiento de RCD muestran la necesidad de implementar cambios en la gestión de estos residuos en el país.

El gobierno de México adelanta actualmente acciones que se encaminan a impulsar un ambiente ideal para que se desarrollen prácticas de reciclaje y reuso de materiales en el sector de la construcción, la Norma NADF-007-RNAT-2013, publicada en febrero del 2015, presenta medidas de obligatoriedad que pretenden enfatizar las responsabilidades para los diferentes actores que intervienen en el proceso. Se espera con esto que la práctica del reciclaje en el sector de la construcción se lleve a cabo a mayor escala, de tal forma que el sector de la construcción en el país se transforme en una práctica sustentable.

El estado del arte, en primer lugar, demuestra la necesidad del país de potenciar las prácticas de reciclaje en el sector de la construcción y en segundo lugar, muestra la disposición del gobierno del país para impulsar dichas prácticas. Esta situación actual puede ser propicia para la introducción de nuevas plantas de reciclado de RCD.

2. Capítulo II. Análisis del mercado

2.1 Resumen del capítulo

El análisis del mercado busca definir principalmente las cantidades de ingresos de material a reciclar y los flujos de agregados reciclados que la población demandará durante los periodos de estudio. Este capítulo describe algunas formas de encontrar estas variables que son definitivas para el desarrollo de un diseño óptimo de planta y para su correspondiente evaluación de viabilidad financiera.

2.2 Pronóstico del flujo de material a reciclar en la planta

Para determinar la cantidad de material que llegará a la planta, se debe establecer en primer lugar un pronóstico de generación de RCD en la población objetivo, para luego inferir el porcentaje de estos que ingresarán a la planta y su posible composición.

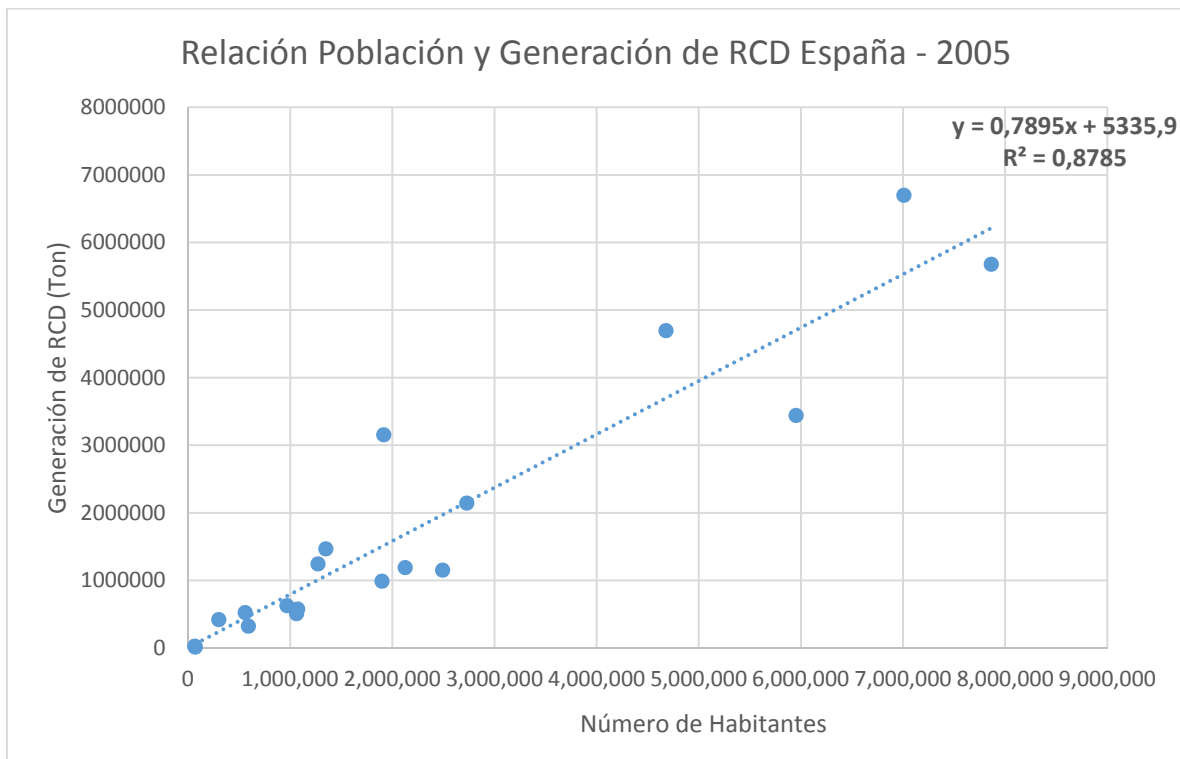
La cuantificación de producción de residuos de construcción y demolición para cualquier población es una tarea que requiere amplia investigación que puede ser lenta y costosa. No obstante, existen diversas alternativas para el pronóstico de producción de RCD que se basan en la correlación de variables a partir de series de datos conocidas.

En primer lugar, se pueden hacer estimaciones basándose en algunos parámetros o en datos de poblaciones de otros países. Si bien es cierto que las condiciones de cada país son diferentes, de lo que se trata es de establecer relaciones entre generación de RCD y otras variables a partir de datos de países que sí cuenten con dicha estimaciones. Una vez establecidas estas relaciones se establece una estimación para la generación de RCD.

2.2.1 Relación de la generación de RCD y el tamaño de la población

Existen parámetros establecidos que generalizan las cifras de generación de RCD en función del tamaño de la población. Según el plan Nacional de Residuos de la Construcción y Demolición de España, el volumen de residuos de construcción y demolición oscila entre 2 y 3 Kg/hab/día, tasa superior a la de la basura domiciliaria. Sin embargo este dato responde a una estimación estadística generalizada para cualquier tamaño de población.

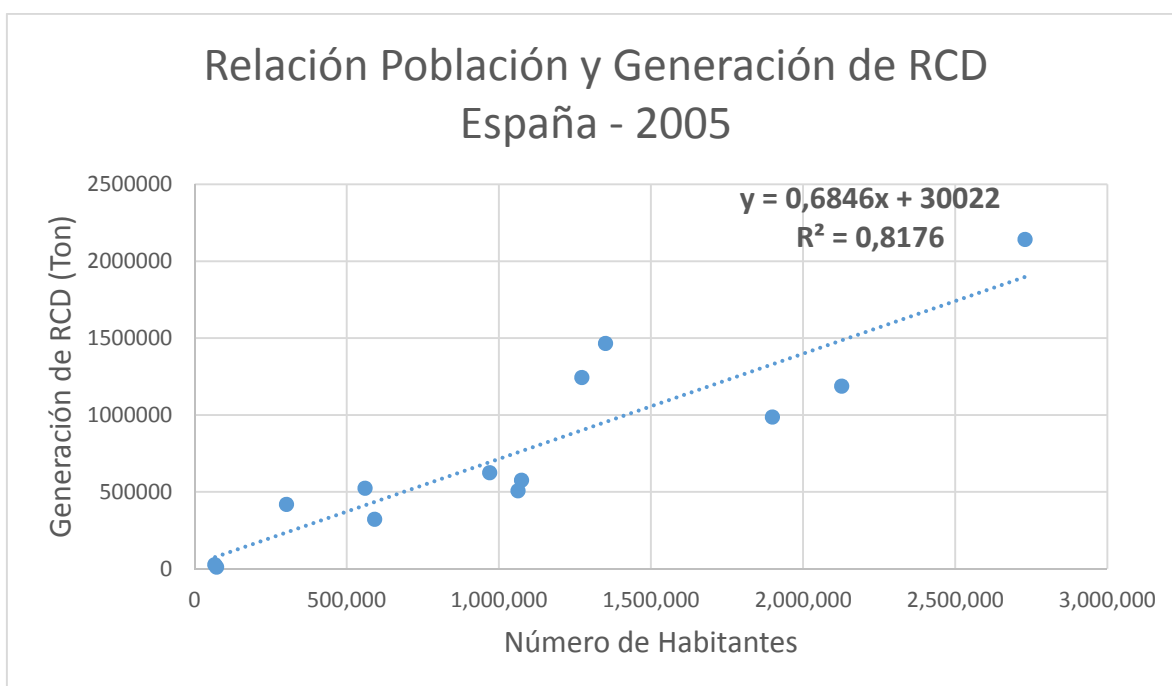
España cuenta con estimaciones de generación de RCD por comunidades autónomas, se puede establecer una relación entre el tamaño de dichas comunidades y la cantidad de residuos generados. La gráfica 2.1, muestra la relación entre estas dos variables¹²:



Gráfica 2.1. Relación entre tamaño de la población y generación RCD. Fuente: Elaboración propia.

¹² El plan Nacional de RCD 2008-2015 (España) posee información de generación de RCD hasta el año 2005

De la gráfica 2.1 se pueden destacar que las poblaciones grandes (superiores a 3 millones de habitantes) se alejan de la recta sustancialmente, por lo que se concluye que estas poblaciones tienen un comportamiento diferente a las poblaciones pequeñas, estas últimas, se presentan mucho más cercanas a la recta de regresión. Se elabora una segunda gráfica para poblaciones menores a tres millones de habitantes, con el fin de encontrar un modelo de regresión más representativo para pequeñas poblaciones.



Gráfica 2.2. Población Vs Generación de RCD – Pequeñas poblaciones. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 2.2 representa la relación entre estas dos variables para poblaciones inferiores a tres millones de habitantes¹³, por lo que la recta de regresión representa mucho mejor el caso de estudio.

¹³ Se excluyeron dos datos que se consideran atípicos correspondientes a las poblaciones de Castilla y Cataluña.

El coeficiente de determinación¹⁴ de la recta de regresión es alto (cercano a 1), por lo cual se puede concluir que la relación entre las dos variables se puede representar mediante la función $R=0.6846(P)+30022$, donde P representa el tamaño de la población y R las toneladas de RCD generados en dicha población.

2.2.2 Cálculo de estimación de generación de RCD, basado en su relación con el tamaño de la población

De acuerdo a la proyección de población por estados en México, se puede establecer una estimación de la generación de residuos de construcción en cada uno de ellos. Para esto se hace uso de las proyecciones de población para los años 2016 y 2020 de la Secretaria Nacional del Consejo Nacional de Población y de la relación anteriormente encontrada ($R=0.6846(P)+30022$).

Entidad federativa	Habitantes		Estimación Generación de RCD - 2016			Estimación Generación de RCD - 2020		
	2016	2020	total al año (Ton)	total diario (Ton)	Kg/hab /día	total al año (Ton)	total diario (Ton)	Kg/hab /día
Aguascalientes	1.304.744	1.369.306	923249,55	2529,45	1,94	967448,88	2650,54	1,94
Baja California Sur b	786.864	878.830	568709,03	1558,11	1,98	631668,86	1730,60	1,97
Campeche	921.517	974.877	660892,57	1810,66	1,96	697422,92	1910,75	1,96
Coahuila de Zaragoza	2.995.374	3.129.782	2080655,04	5700,42	1,90	2172670,76	5952,52	1,90
Colima	735.724	782.831	533698,34	1462,19	1,99	565947,84	1550,54	1,98
Durango	1.782.205	1.847.547	1250119,65	3424,99	1,92	1294852,54	3547,54	1,92
Hidalgo	2.913.152	3.044.937	2024366,15	5546,21	1,90	2114585,97	5793,39	1,90
Morelos	1.943.044	2.030.580	1360230,13	3726,66	1,92	1420156,94	3890,84	1,92
Nayarit	1.246.202	1.333.853	883171,99	2419,65	1,94	943178,09	2584,05	1,94
Querétaro	2.034.030	2.147.765	1422518,88	3897,31	1,92	1500381,60	4110,63	1,91
Quintana Roo c	1.619.762	1.798.603	1138911,39	3120,31	1,93	1261345,83	3455,74	1,92
San Luis Potosí	2.777.995	2.868.906	1931837,20	5292,70	1,91	1994075,05	5463,22	1,90
Sinaloa	3.009.952	3.105.704	2090635,21	5727,77	1,90	2156186,86	5907,36	1,90
Sonora	2.972.580	3.125.865	2065050,12	5657,67	1,90	2169988,87	5945,17	1,90
Tabasco	2.407.860	2.498.558	1678443,28	4598,47	1,91	1740534,65	4768,59	1,91
Tlaxcala	1.295.781	1.363.576	917113,37	2512,64	1,94	963526,27	2639,80	1,94
Yucatán	2.145.878	2.252.505	1499089,80	4107,10	1,91	1572087,22	4307,09	1,91
Zacatecas	1.588.418	1.633.878	1117452,68	3061,51	1,93	1148574,66	3146,78	1,93

Tabla 2.1. Estimación de generación de RCD para poblaciones pequeñas. Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ El coeficiente de determinación es una medida que sirve para evaluar la bondad de ajuste del modelo a los datos.

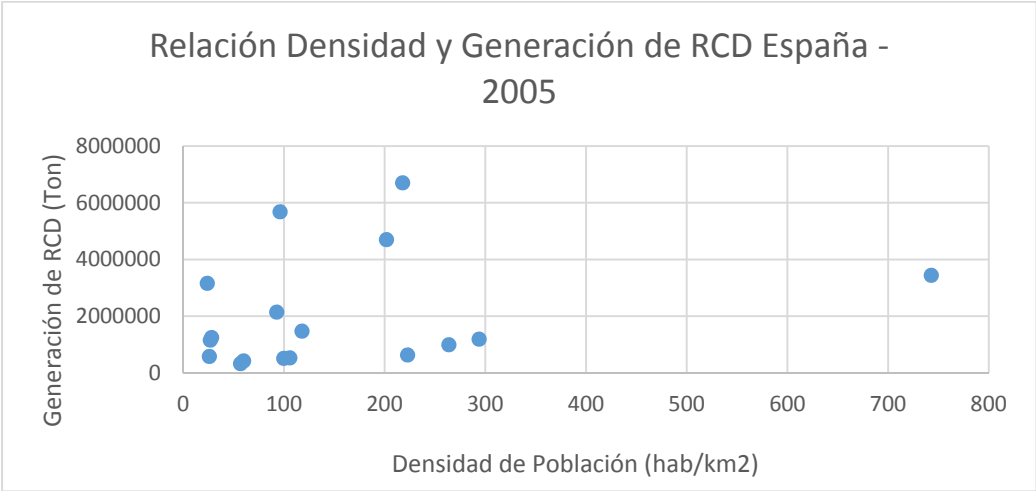
Se realiza la estimación para el año 2016 y 2020 debido a que estos años acotan el periodo de estudio para el cual se realiza la evaluación financiera.

Los resultados de este análisis, indican que la generación de residuos de construcción y demolición para poblaciones pequeñas se encuentra entre 1.90 kg/hab/día y 1.98 kg/hab/día.

Se debe tener en cuenta que esta estimación parte de la consideración de datos de un país que posee características de comportamiento diferentes a las de México, la producción de obra civil puede variar sustancialmente, por lo que el anterior análisis representa una estimación que puede ser considerada en casos en los que no se cuente con mayor información respecto a la generación de residuos.

2.2.3 Relación de la generación de RCD y la densidad de la población

La densidad de una población es una variable que representa el número de individuos por unidad de área específica, su unidad de medida es habitantes/Km². Esta variable es generalmente elevada en ciudades importantes y reducida en poblaciones rurales. Tal como existe una relación significativa entre el tamaño de la población y la generación de RCD, es de esperar que exista una relación similar entre la densidad poblacional y la generación de dichos residuos. A continuación se muestra la relación entre la densidad y la generación de RCD en España.



Gráfica 2.3. Relación entre Densidad Poblacional y Generación de RCD. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica 2.3 muestra que para el caso de la población de España, no existe una relación entre la densidad de la población y la generación de RCD, pues en poblaciones de baja o alta densidad pueden darse altos y bajos niveles de generación de RCD.¹⁵ No se genera regresión de ningún tipo debido a que en la gráfica no se evidencia ninguna tendencia clara, por lo que se concluye que la variable densidad poblacional no se relaciona directamente con la generación de RCD.

2.2.4 Relación de la generación de RCD y superficie construida

Las variables que representen de manera directa o indirecta el ritmo de construcción de las poblaciones pueden llegar a tener una amplia relación con la generación de RCD. De esta forma, la variable “superficie construida” posee una amplia relación con los residuos generados de las actividades de construcción. Existe una estimación realizada por la CMIC, que parte de los datos de la superficie total construida por tipo de obra para cada Estado:

Entidad Federativa	Superficie Construida (m ²) (2011)				Total	Residuos Generados (ton.)				Total	Factor Obra no Oficial 1.3158
	Habitacional	Comercial	Industrial	Otros		Habitacional	Comercial	Industrial	Otros		
Aguascalientes	459,391	79,009	72,997	125,946	737,343	39,829.20	6,850.08	6,328.84	10,919.52	63,927.64	84,115.99
Baja California	200,523	82,363	83,318	126,703	492,907	17,385.34	7,140.87	7,223.67	10,985.15	42,735.04	56,230.76
Baja California Sur	485,957	183,253	37,667	668,913	1,375,790	42,132.47	15,888.04	3,265.73	57,994.76	119,280.99	156,949.93
Campeche	106,121	78,802	10,740	8,694	204,357	9,200.69	6,832.13	931.16	753.77	17,717.75	23,313.02
Chiapas	671,304	498,489	67,940	54,997	1,292,730	58,202.09	43,218.98	5,890.36	4,768.23	112,079.65	147,474.41
Chihuahua	3,575,976	487,854	148,770	42,459	4,255,059	310,037.12	42,296.94	12,898.36	3,681.20	368,913.62	485,416.54
Coahuila	1,334,578	182,070	55,522	15,846	1,588,016	115,707.88	15,785.50	4,813.75	1,373.85	137,680.98	181,160.63
Colima	235,472	34,345	8,576	8,906	287,299	20,415.42	2,977.71	743.54	772.15	24,908.82	32,775.03
Distrito Federal	2,376,874	643,279	37,379	1,320,161	4,377,693	206,074.98	55,772.29	3,240.76	114,457.96	379,545.98	499,406.60
Durango	498,823	135,002	7,845	277,056	918,726	43,247.99	11,704.67	680.12	24,020.75	79,653.53	104,808.12
Estado de México	587,554	241,091	146,533	152,194	1,127,372	50,940.93	20,902.59	12,704.41	13,195.22	97,743.15	128,610.44
Guanajuato	2,003,427	445,799	954,652	335,059	3,738,937	173,697.12	38,650.77	82,768.33	29,049.62	324,165.84	426,537.41
Guerrero	521,234	115,984	248,373	87,173	972,765	45,191.03	10,055.83	21,533.95	7,557.88	84,338.69	110,972.84
Hidalgo	1,072,664	173,878	59,981	165,322	1,471,845	92,999.97	15,075.22	5,200.35	14,333.42	127,608.96	167,907.87
Jalisco	1,843,672	528,972	272,898	1,063,081	3,708,623	159,846.36	45,861.87	23,660.26	92,169.12	321,537.61	423,079.19
Michoacán	470,974	110,535	3,830	32,275	617,614	40,833.45	9,583.38	332.06	2,798.24	53,547.13	70,457.32

Tabla 2.2. Estimación de generación de RCD a partir de datos de superficie construida – Parte 1. Fuente: CMIC, Plan de Manejo de RCD

¹⁵ No existe una correlación clara entre las variables aun cuando se excluyen poblaciones con densidades muy elevadas, como en las ciudades de Celta y Melilla con 4500 hab/km² y 6800 hab/km² respectivamente.

Entidad Federativa	Superficie Construida (m2) (2011)				Total	Residuos Generados (ton.)				Total	Factor Obra no Oficial 1.3158
	Habitacional	Comercial	Industrial	Otros		Habitacional	Comercial	Industrial	Otros		
Morelos	650,220	11,745	58,520	11,919	732,404	56,374.07	1,018.29	5,073.67	1,033.38	63,499.41	83,552.52
Nayarit	523,933	9,464	47,154	9,604	590,154	45,424.95	820.52	4,088.25	832.67	51,166.39	67,324.73
Nuevo León	6,228,427	577,940	601,529	44,912	7,452,808	540,004.62	50,107.40	52,152.56	3,893.87	646,158.45	850,215.29
Oaxaca	719,566	66,769	69,494	5,189	861,018	62,386.36	5,788.87	6,025.15	449.86	74,650.23	98,224.78
Puebla	767,613	304,911	104,727	314,256	1,491,507	66,552.05	26,435.78	9,079.83	27,246.00	129,313.66	170,150.91
Querétaro	1,477,488	573,465	148,620	3,500	2,203,073	128,098.21	49,719.42	12,885.35	303.45	191,006.43	251,326.26
Quintana Roo	805,418	389,710	12,229	9,607	1,216,964	69,829.74	33,787.86	1,060.25	832.93	105,510.78	138,831.08
San Luis Potosí	739,475	330,709	259,815	10,803	1,340,802	64,112.48	28,672.47	22,525.96	936.62	116,247.53	152,958.50
Sinaloa	356,663	301,900	118,888	7,463	784,914	30,922.68	26,174.73	10,307.56	647.04	68,052.01	89,542.84
Sonora	931,626	788,582	310,542	19,494	2,050,244	80,772.00	68,370.05	26,924.00	1,690.11	177,756.16	233,891.55
Tabasco	394,194	317,330	292,839	216,392	1,220,755	34,176.62	27,512.51	25,389.14	18,761.19	105,839.46	139,263.56
Tamaulipas	664,636	307,294	124,235	8,012	1,104,177	57,623.94	26,642.39	10,771.17	694.64	95,732.15	125,964.36
Tlaxcala	238,546	37,968	19,413	40,997	336,924	20,681.94	3,291.83	1,683.11	3,554.44	29,211.31	38,436.24
Veracruz	2,547,067	427,707	82,411	219,076	3,276,261	220,830.71	37,082.20	7,145.03	18,993.89	284,051.83	373,755.40
Yucatán	711,551	119,485	23,022	61,201	915,260	61,691.49	10,359.32	1,996.04	5,306.15	79,353.01	104,412.69
Zacatecas	435,620	78,452	43,039	135	557,246	37,768.25	6,801.79	3,731.48	11.70	48,313.23	63,570.55
					53,301,585	2,955,386.38	789,117.59	409,539.59	467,203.87	4,621,247.43	6,080,637.37

Tabla 2.3. Estimación de generación de RCD a partir de datos de superficie construida – Parte 2. Fuente: CMIC, Plan de Manejo de RCD

El cálculo realizado por la CMIC parte de datos de la superficie total construida en cada Estado, por lo que considera un parámetro mucho más representativo de la realidad de la población. Por lo tanto, esta investigación toma en cuenta estos resultados para su desarrollo.

Es lógico que el ritmo de construcción de la población está directamente relacionado con la generación de RCD, así que variables como el porcentaje de inversión en el sector de la construcción y los volúmenes de obras pronosticadas serian ideales para establecer correlaciones mucho más aproximadas a la realidad.

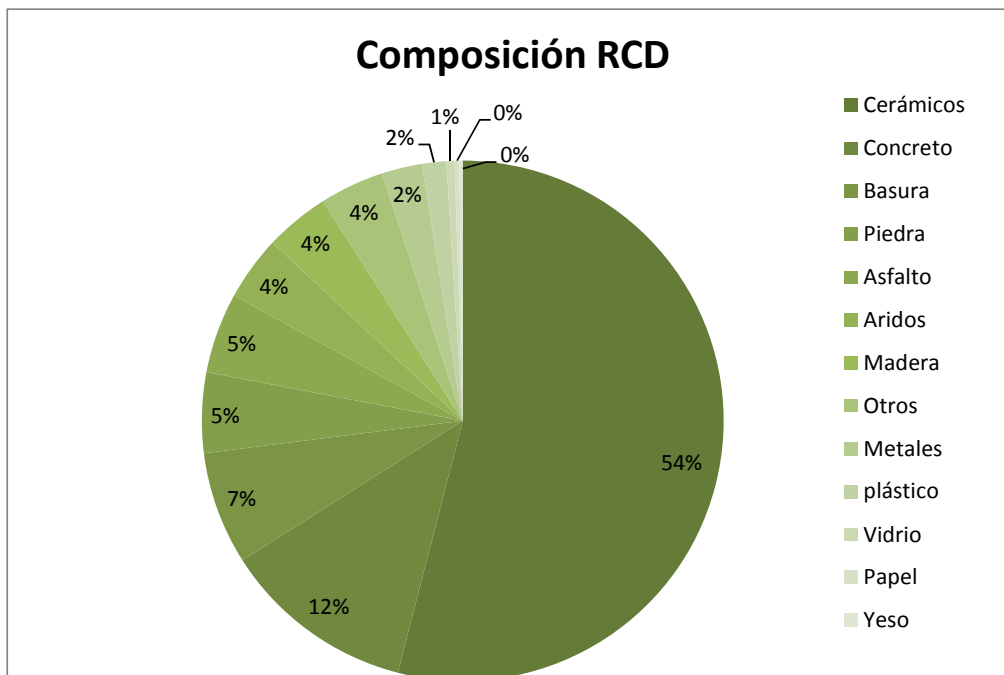
2.3 Flujo de material a reciclar en la planta

Para establecer el flujo de material que se va a reciclar durante el periodo de estudio, se deben tener en cuenta dos factores importantes, la composición de los residuos y el porcentaje de estos que se proyecta reciclar.

2.3.1 Composición de los RCD

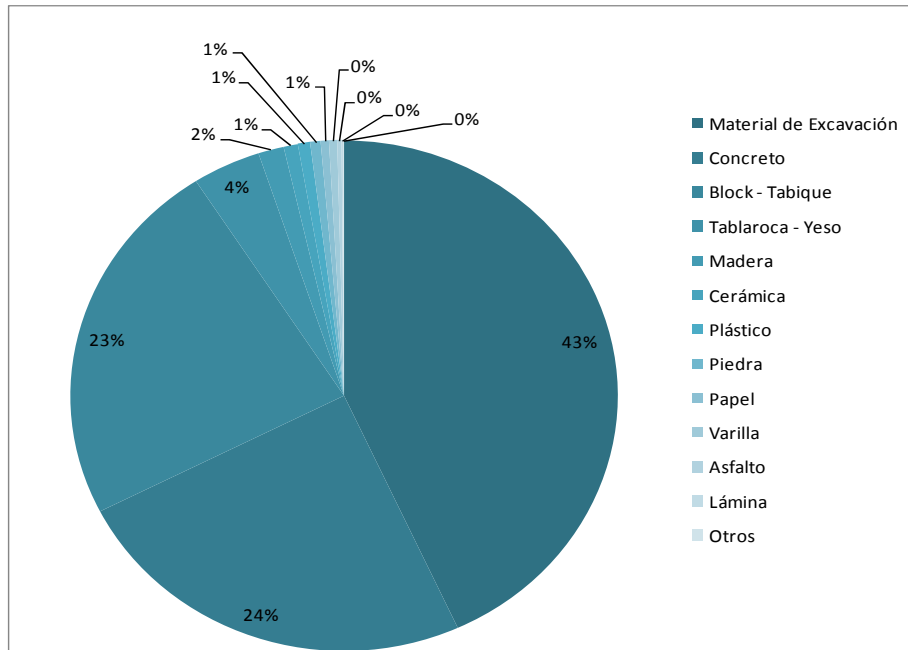
Al hablar de obras de Construcción se enmarca un gran conjunto de estructuras con diferentes características; los materiales residuales que resultan de la construcción y demolición difieren según el tipo de obra; de esta forma, la composición de los RCD en obras de edificación difiere de la composición de los RCD de obras de urbanismo (Caminos, vías, puentes, etc.).

Los RCD generados en las obras de urbanismo suelen ser principalmente materiales para relleno, concreto, asfalto y metales. Por su parte, los RCD generados en obras de edificación suelen ser principalmente materiales de excavación (Piedra, materia orgánica, material de relleno), metales, madera, concreto, cerámica, plástico y vidrio.



Gráfica 2.4. Composición de los RCD que son desechados. Fuente: Elaboración Propia según datos de estudio Comunidad Autónoma de Madrid

Según estudios realizados por la Comunidad Autónoma de Madrid, la gran mayoría de los residuos provenientes del sector de la construcción corresponden a materiales cerámicos y concretos (Gráfica 2.4).



Gráfica 2.5. Composición de los RCD. Fuente: Elaboración Propia según con datos de SEMARNAT 2009.

Por su parte, la SEMARNAT presenta datos de composición según estudios realizados en los años 2007 y 2008 (Gráfica 2.5).

Aunque estos estudios fueron realizados en diferentes países, ambos muestran que los materiales más comunes que componen los RCD son los materiales cerámicos y el concreto que se acercan al 66% del total de residuos generados.

2.3.2 Determinación del porcentaje de RCD que se van a tratar en la planta.

Establecer el porcentaje de los RCD generados en cada población que se va a reciclar depende de una serie de factores diversos, pues al introducir una propuesta de cambio en la forma en que los constructores planean la disposición final de los residuos generados en sus obras, se evidencia toda una serie de elementos que intervienen en el sistema y que de su comportamiento depende su propio

funcionamiento. Para pronosticar el porcentaje de RCD que llegará a la plana se debe estudiar:

- Normatividad.
- Otras plantas o empresas de reciclaje de RCD del sector.
- Experiencias de otras plantas con similares condiciones.
- Planes de manejo de RCD de la población.

Es primordial que la población cuente con una normativa que incentive el reciclaje de RCD, este tipo de incentivos o penalidades deben involucrar a todos los actores que intervienen en el sistema, lo ideal, es que dichas normativas establezcan porcentajes mínimos a reciclar en los proyectos, estos porcentajes serán la clave principal para establecer el flujo de ingresos esperado. Es claro que este factor depende principalmente de entidades gubernamentales, por lo que para cualquier iniciativa privada es necesario partir del conocimiento de la normativa existente (o la que se espera que se desarrolle en los próximos años) antes de iniciar cualquier otro análisis.

En segundo lugar, se debe hacer un estudio de la capacidad de otras plantas que estén presentes en el sector, pues los residuos que serán reciclados terminaran repartiéndose en las plantas que prestan el mismo servicio.

En tercer lugar, se debe tener en cuenta la experiencia de otras plantas presentes en poblaciones similares, las cuales pueden contar con información que puede ser útil.

Finalmente, la revisión y estudio de los planes de manejo de RCD permite considerar otras variables que pueden ser influyentes en la estimación.

El plan de manejo de residuos de la construcción y Demolición presenta una estimación del porcentaje reciclado de los residuos de concreto, la ilustración 2.1 muestra el ciclo de vida de los residuos de concreto.

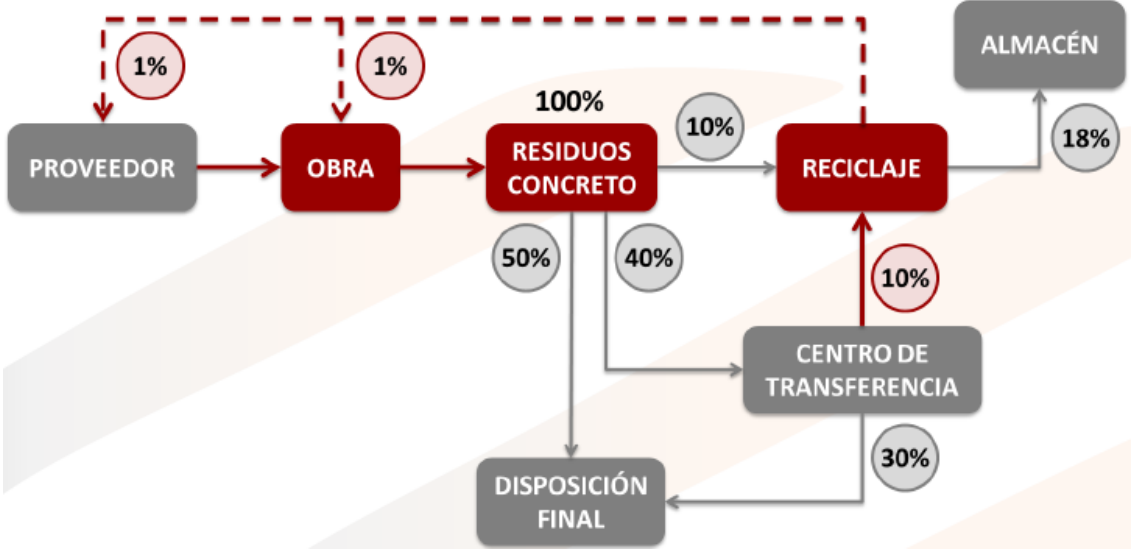


Ilustración 2.1. Ciclo de vida de residuos de Concreto. Fuente: Cámara Mexicana de la industria de la Construcción, Plan de Manejo de residuos de la construcción y la demolición.

Esta ilustración brinda información importante acerca del comportamiento actual de la disposición final de los residuos de construcción y demolición en México y es punto de partida para establecer valores iniciales para algunas de las variables. Se aprecia que $\frac{1}{4}$ de los residuos que llegan a los centros de transferencia se logran reciclar, el restante se desecha. El ciclo de vida de productos prefabricados, pétreos (Block y tabique) y el ciclo de vida de materiales de excavación se muestran en las ilustraciones 2.2 y 2.3.

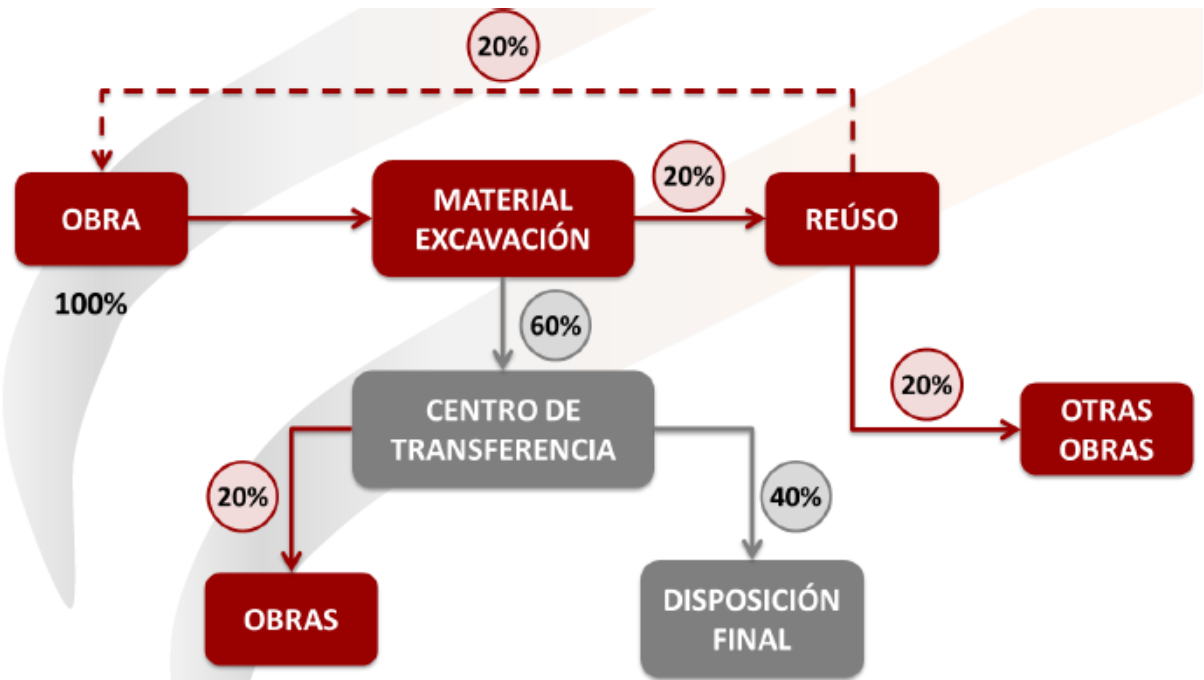


Ilustración 2.2. Ciclo de vida de residuos de Material de excavación. Fuente: Cámara Mexicana de la industria de la Construcción, Plan de Manejo de residuos de la construcción y la demolición.

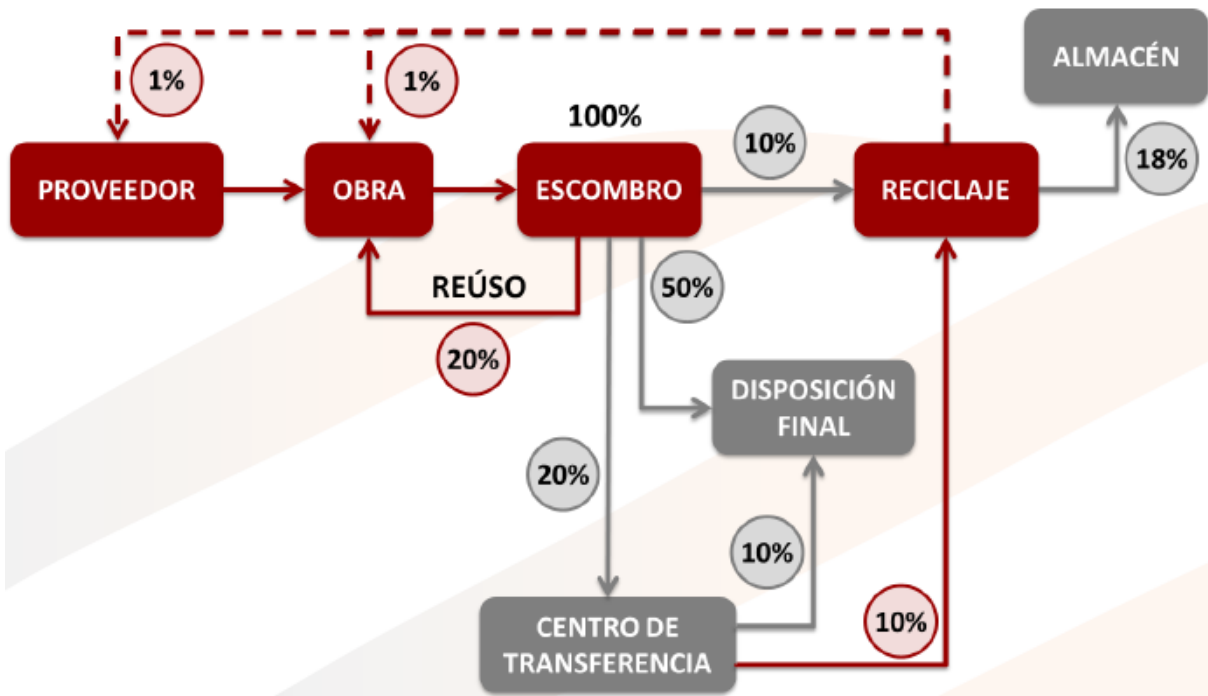


Ilustración 2.3. Ciclo de vida de escombros. Fuente: Cámara Mexicana de la industria de la Construcción, Plan de Manejo de residuos de la construcción y la demolición.

2.4 Determinación de producción de material a reciclar y flujo de salida o venta

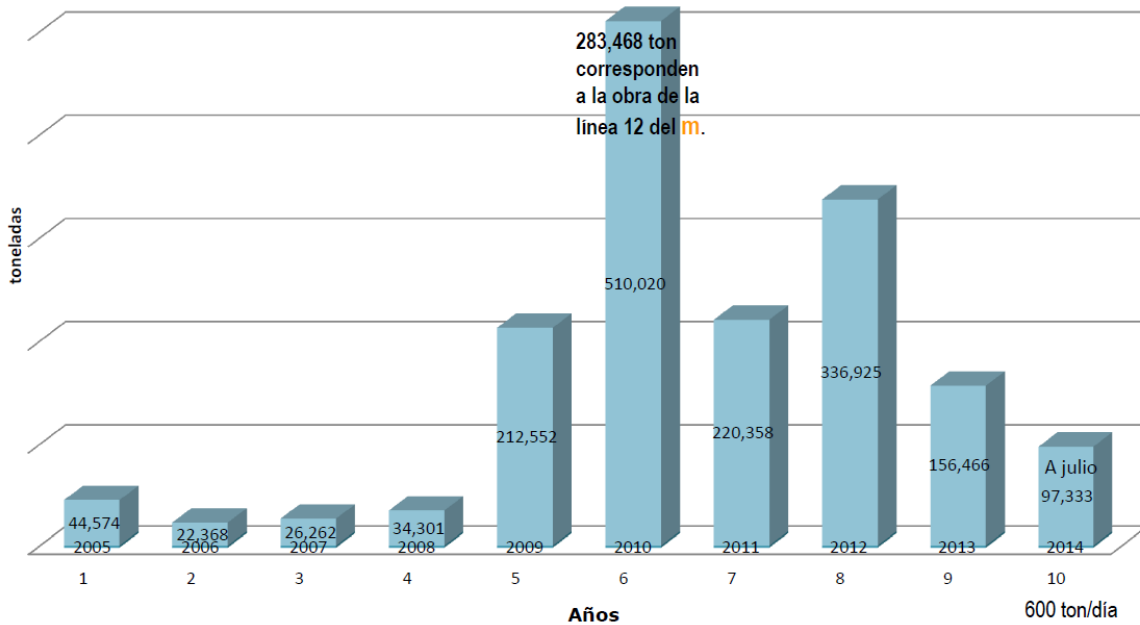
Para estimar la producción de material reciclado, se debe definir los principales productos que se producirán por medio del reciclado. Debido a la gran variedad de componentes de los RCD, existe diversidad de productos que pueden ser producidos en una planta de reciclado de RCD. La composición de los RCD y los ciclos de vida de cada uno, brindan información de las cantidades de cada material que se pueden producir en la planta.

Otro aspecto fundamental a estudiar es la productividad de la planta según el diseño que se proponga, el cual depende directamente del rendimiento de la maquinaria que se va a utilizar. Es por esto que se dedica un capítulo de esta investigación para la propuesta de un diseño de planta que se recomienda según las necesidades de la población.

2.5 Análisis de plantas de reciclado de RCD a nivel regional.

En México, existe una empresa especializada en el tratamiento de RCD llamada “Concretos Reciclados”, esta empresa cuenta con una planta de tratamiento ubicada en la Delegación de Iztapalapa. Tal como se recomienda en 2.3.2, se tomará la experiencia de esta planta como base para estimar los porcentajes de ingresos de RCD a la plana.

En primer lugar, se muestra a continuación la serie histórica de los residuos de construcción recibidos en planta desde su inauguración hasta el año 2014:



Gráfica 2.6. Flujo de Ingresos de RCD, planta Concretos Reciclados. Fuente: Granell, Enrique. Presentación Concretos Reciclados, primer encuentro de Residuos de Construcción y Demolición, Octubre 2014.

La tabulación de los datos se realiza con el fin de continuar con el análisis de los mismos y se muestra a continuación:

Año	RCD Recibidos en planta
2005	44574
2006	22368
2007	26262
2008	34301
2009	212552
2010	510020
2011	220358
2012	336925
2013	156466
2014	97333

Tabla 2.4. Histórico de ingreso de RCD, planta Concretos reciclados. Fuente: Elaboración propia con datos de gráfica 2.7.

Con el fin de realizar un análisis que represente la situación actual de la planta, se toman los valores de los últimos 5 años. Además, se debe tener en cuenta que para el año 2010 el ingreso de residuos a la planta se ve afectado por una situación especial (Obras línea 12 del metro), por lo tanto, a continuación, se decide mediante

un procedimiento estadístico la inclusión o exclusión de este dato para el cálculo de las medidas estadísticas.

Año	RCD recibidos en Planta	Medidas estadísticas periodo 2009-2014	
2009	212552	Media aritmética	267196
2010	510020	Media Geométrica	243826
2011	220358	Mediana	216455
2012	336925	Varianza	18266905445
2013	156466	Desv estandar	135155
2014	166857	Coef Variación	51%

Tabla 2.5. Medidas estadísticas para RCB recibidos en planta, periodo 2009 - 20015. Fuente: Elaboración propia.

Como regla de decisión para determinar si el valor para el año 2010 es atípico, se emplea la prueba de Grubbs, la cual utiliza una estadística de prueba T que se determina mediante la ecuación 2.1:

$$T = \frac{|X - \bar{X}|}{S}$$

Ecuación 2.1. Estadístico de prueba T, para empleo de la prueba de Grubbs.

Donde:

X= Valor posible atípico

\bar{X} = Media

S= Desviación estándar

Reemplazando los datos de la tabla 2.5 en la ecuación 2.1, se obtiene:

$$T = \frac{|X - \bar{X}|}{S} = \frac{|510020 - 267196|}{135155} = 1.7966$$

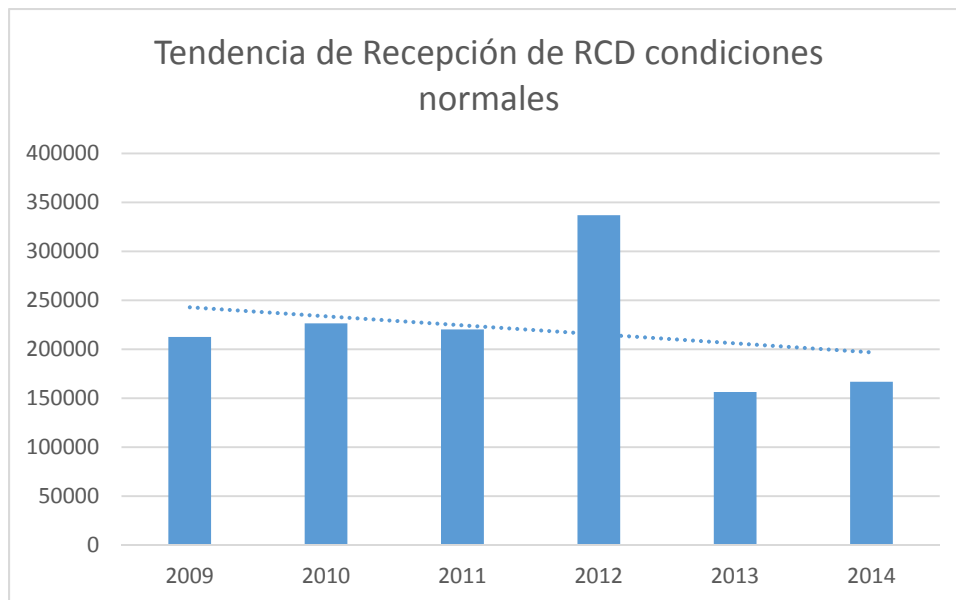
Para un total de datos de n=6, un nivel de confianza del 90% y n-1=5 grados de libertad, el valor de la tabla T-student es de 1.4759, en consecuencia, dado que el valor calculado excede el valor crítico, el dato para el 2010 se considera como valor atípico. Para efectos de realizar una análisis que se acerque a las condiciones reales de la planta, se modifica el valor para el año 2010 excluyendo los residuos recibidos por las obras de la línea 12 del metro ya que se consideran una situación

especial o anormal dado el análisis estadístico anteriormente realizado. Esta modificación y el cálculo de las nuevas medidas estadísticas se muestran a continuación:

Año	RCD recibidos en Planta	Medidas estadísticas periodo 2009-2014	
2009	212552	Media aritmética	219952
2010	226552	Media Geométrica	212982
2011	220358	Mediana	216455
2012	336925	Varianza	4126152859
2013	156466	Desv estandar	64235
2014	166857	Coef Variación	29%

Tabla 2.6. Medidas estadísticas para RCB recibidos en planta, periodo 2009 – 20015, modificación de datos iniciales para realizar estimaciones. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de establecer un análisis poco sesgado y que se aproxime a las condiciones típicas de la planta y considerando la disminución del coeficiente de variación con respecto al de la tabla 2.5, los datos de la tabla 2.6 poseen una menor dispersión, se entienden como la tendencia de recepción de RCD en condiciones normales y son utilizados para continuar con el análisis. Los datos de la tabla 2.6 se representan en la gráfica 2.7.



Gráfica 2.7. Tendencia de Recepción de RCD en condiciones normales, planta Concretos Reciclados de México, periodo 2009-2014. Fuente: Elaboración propia.

2.6 Conclusiones del capítulo

El análisis del mercado busca definir principalmente las cantidades de ingresos de material a reciclar y los flujos de agregados reciclados que la población demandará durante los periodos de estudio. Estas variables son determinantes no solo para un correcto análisis financiero sino también como parámetros iniciales para el diseño de una empresa o planta de tratamiento de RCD. Se recomienda el estudio de empresas o plantas de RCD que se localicen en regiones similares a las de la población, pues gracias a la experiencia de estas plantas se pueden establecer estadísticas útiles para definir algunas de las variables.

La siguiente ilustración muestra los recursos que pueden ser empleados para la estimación de las variables iniciales para el análisis financiero.

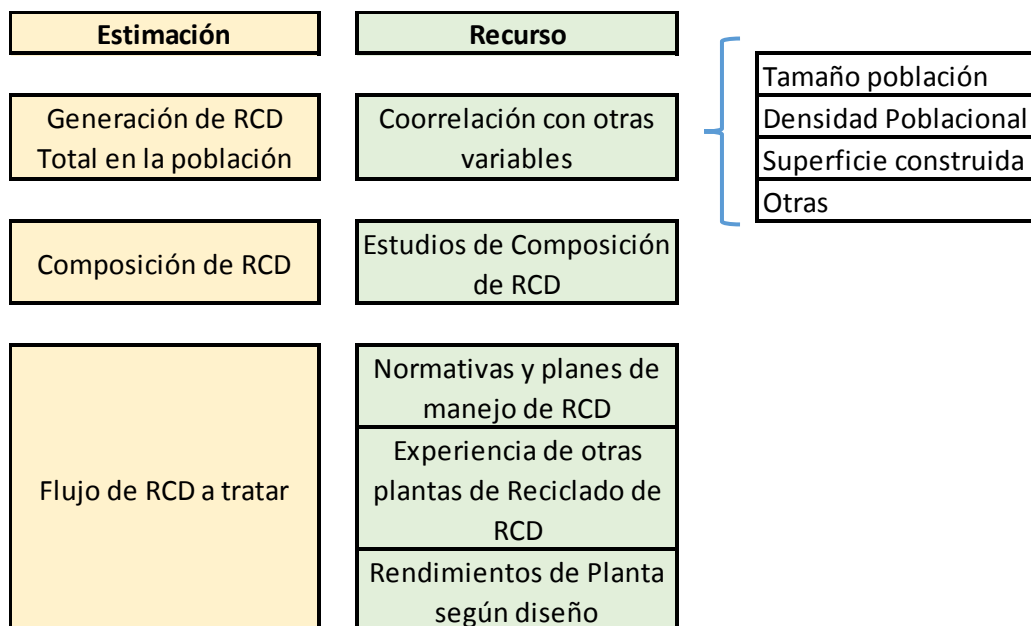


Ilustración 2.4. Recursos para la estimación de variables. Fuente: Elaboración propia.

3 Capítulo III. Variables que intervienen en el análisis Financiero

3.1 Resumen del capítulo

Con el fin de establecer un análisis financiero adecuado, se requiere la definición de las variables que afectan el flujo de ingresos y egresos en el estudio. Este capítulo indica las variables que deben ser tenidas en cuenta para la evaluación financiera, recomendaciones para el cálculo de los valores iniciales de dichas variables y su comportamiento a través del tiempo.

Con el fin de establecer con claridad la importancia y el tratamiento de las variables, se establecerá para cada una de ellas, los siguientes puntos:

- Definición de la variable
- Justificación
- Forma de cálculo, valor inicial (para el primer año) y Comportamiento a través del tiempo.

3.2 Producción Total de RCD en la población (PT)

➤ Definición de la variable

Se define como el total de Residuos de Construcción y demolición generados por la población en un año. Su unidad de medida es la tonelada, como abreviatura se utiliza en esta investigación (PT).

➤ Justificación

Es necesario conocer la cantidad total de residuos generados por la población con el fin de estimar el porcentaje de estos que se trataran en la planta para ser reciclados.

➤ Forma de cálculo, valor inicial y comportamiento con el tiempo.

En el capítulo anterior, se establecieron diversos métodos para relacionar la generación de residuos de construcción con variables como el tamaño de la población, la densidad poblacional y cifras de volúmenes de construcción con los que cuente la población. El Plan de Manejo de Residuos de Construcción y

demolición elaborado por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, proporciona una estimación de generación de residuos por entidad federativa para el año 2011 según la superficie construida. A partir de estos datos se estima el valor para el primer año y de los siguientes años a partir de una tendencia normal de crecimiento 3.5% anual (valor sugerido en el plan de la CMIC), por lo tanto:

$$PT_K = PT_{2011}(1 + i)^{k-2011}$$

Gráfica 3.1 Producción total RCD para el año k.

$$PT_{2016} = PT_{2011}(1 + 0.035)^5$$

Entidad Federativa	Año		Entidad Federativa	Año	
	2011	2016		2011	2016
Aguascalientes	84115,99	99903,41	Morelos	83552,52	99234,18
Baja California	56230,76	66784,50	Nayarit	67324,73	79960,66
Baja California Sur	156949,93	186407,28	Nuevo León	850215,29	1009789,06
Campeche	23313,02	27688,55	Oaxaca	98224,78	116660,23
Chiapas	147474,41	175153,34	Puebla	170150,91	202085,91
Chihuahua	485416,54	576522,58	Querétaro	251326,26	298496,76
Coahuila	181160,63	215162,00	Quintana Roo	138831,08	164887,77
Colima	32775,03	38926,45	San Luis Potosí	152958,50	181666,72
Distrito Federal	499406,60	593138,38	Sinaloa	89542,84	106348,80
Durango	104808,12	124479,17	Sonora	233891,55	277789,79
Estado de México	128610,44	152748,86	Tabasco	139263,56	165401,42
Guanajuato	426537,41	506592,64	Tamaulipas	125964,36	149606,15
Guerrero	110972,84	131800,92	Tlaxcala	38436,24	45650,20
Hidalgo	167907,87	199421,88	Veracruz	373755,40	443904,17
Jalisco	423079,19	502485,36	Yucatán	104412,69	124009,52
Michoacán	70457,32	83681,19	Zacatecas	63570,55	75501,87
			Total	6080637,36	7221889,72

Tabla 3.1. Proyección de Generación de RCD para los Estados de México, año 2016.

Los valores de la tabla 3.1 para el año 2016, corresponden a los valores iniciales para la variable (PT), partiendo de cifras de la CMIC y de un supuesto de crecimiento en condiciones normales de 3.5% anual, crecimiento que se considera constante para el horizonte económico considerado en la evaluación financiera.

3.3 Porcentaje de RCD de demanda (%D)

➤ Definición

De la producción de RCD totales producidos por la población, solo una fracción o porcentaje se destina en plantas de tratamiento para su reciclado, esta fracción es en realidad la demanda del mercado para nuestro estudio.

El porcentaje de RCD que se demanda (%D), corresponde a la relación porcentual entre los RCD de demanda para población y su Producción total de RCD en la población (PT).

➤ Justificación

El porcentaje de residuos que se estima demanda la población, es un indicador necesario para proyectar posteriormente valores en toneladas de RCD que se estiman para el flujo de ingreso de los mismos.

➤ Forma de cálculo, valor inicial y comportamiento con el tiempo

Se recomienda para el cálculo de esta variable, la revisión de estadísticas de otras plantas similares. En el siguiente análisis se usan los datos y estadísticas obtenidas en el apartado 2.5.

Cabe aclarar que el cálculo que se desarrolla en este apartado corresponde a una estimación que debe ser considerada para el diseño de la planta y la elección de la maquinaria. La cantidad de material a tratar es a su vez dependiente de los rendimientos de dicha maquinaria y necesita ser estudiado con detenimiento.

Desde un punto de vista conservador¹⁶ (para un análisis financiero), se puede estimar el porcentaje de RCD que ingresan a la planta con respecto a los que se generan en la población mediante la relación entre el valor mínimo de recepción en planta y el total de residuos generados en la población:

¹⁶ Para un análisis menos conservador, el valor mínimo de recepción en planta puede ser modificado por el valor promedio

$$\% D = \frac{\text{Valor mínimo de recepción de RCD}}{\text{Total de RCD generados en la Polación}} * 100$$

Ecuación 3.1. Porcentaje de Ingreso de RCD a la planta, método conservador.

El valor inicial para la variable “%D” se estima con la ecuación 3.1 como se muestra a continuación:

$$\% D = \frac{156466}{628017} * 100 = 24.91\%$$

Para determinar su variación con el tiempo, se propone un incremento uniforme para el periodo de evaluación financiera, de tal manera que para el último año sea equivalente al valor calculado con la media:

$$\% D (\text{año } 10) = \frac{\text{Valor medio de recepción de RCD}}{\text{Total de RCD generados en la Polación}} * 100$$

$$\% D (\text{año } 10) = \frac{219952}{628017} * 100 = 35.02\%$$

De esta manera, para el primer año se tiene un valor de 24.91% el cual varia uniformemente hasta llegar a 35.02% en el último año.

3.4 Porcentajes de producción de agregado reciclado.

➤ Definición

De la cantidad residuos de construcción y demolición, solo cierto porcentaje corresponde a residuos de concreto y material cerámico que puede ser transformado en agregados. Por lo anterior, es necesario determinar la fracción del material de demanda que se va a tratar en la planta. Se aclara que la planta que se plantea en esta investigación se diseña para tratar específicamente residuos de concreto y cerámicos (tabique, block, losetas y residuos similares). La actividad de

la planta se reduce a convertir dicho material en agregados con ciertas características de calidad para ser reutilizados.

➤ Justificación

Estos porcentajes de producción son requeridos para determinar los flujos de venta de agregados.

➤ Forma de cálculo, valor inicial y comportamiento con el tiempo

Para determinar estos porcentajes se tiene como base la información referente a la composición de los RCD. En el capítulo 2, se presenta la composición de residuos de construcción y demolición; de la gráfica 2.5, se observa que cerca del 43% se compone de material de excavación, el 24% de Concreto y el 23% de block y tabique.

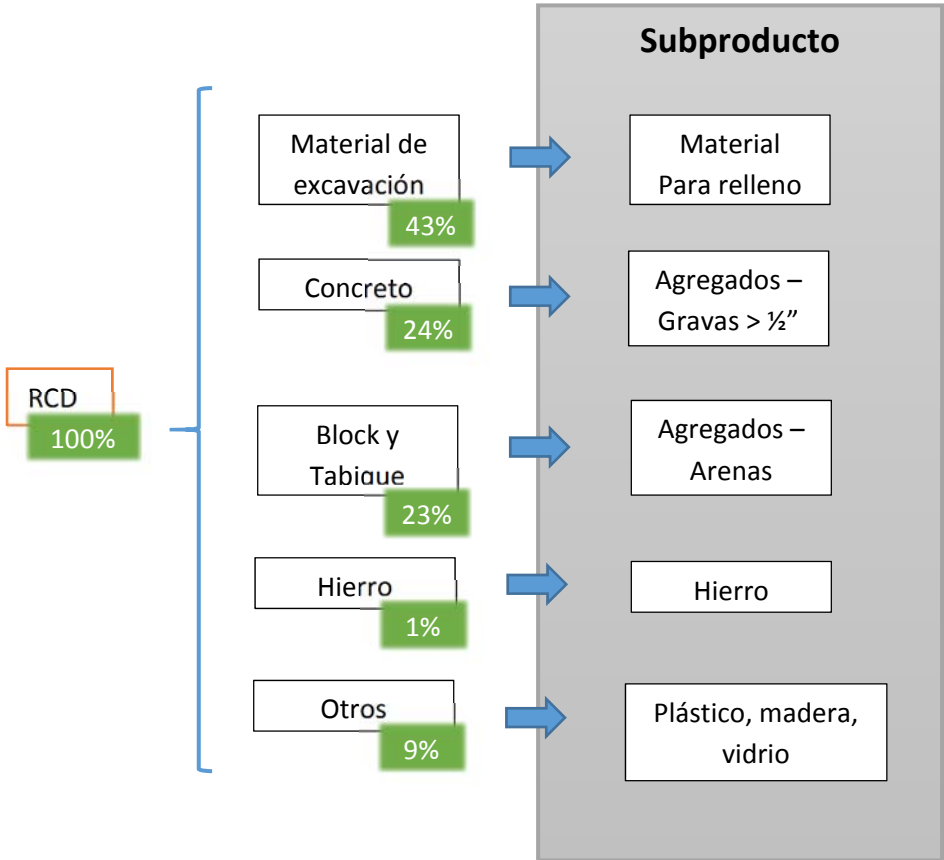


Ilustración 3.1. Subproductos de reciclado de RCD. Fuente: elaboración propia.

Los subproductos que resultan del proceso de reciclaje se muestran en la ilustración 3.1. La eficiencia de la obtención de estos subproductos depende de la adecuada separación en las obras de construcción de estos materiales y su proceso de tratamiento.

De esta forma, los elementos que se tratarán en la planta corresponden al 47% de los residuos que son generados.

3.5 Costos

➤ Definición

Los costos que se consideran se clasifican para este análisis en costos de inversión y costos anuales. Los costos de inversión son aquellos que se generan una sola vez al inicio del proyecto, entre estos costos se encuentra la adquisición de maquinaria, herramienta, infraestructura y todo lo necesario para la puesta en marcha de la planta; los costos anuales son aquellos que se producen en periodos cortos (meses), de tal manera que sumados representan un costo total anual.

➤ Justificación

Es imprescindible conocer los gastos que se generan con el tiempo para cualquier proyecto, los costos se verán reflejados en los egresos en el análisis financiero.

➤ Forma de cálculo y comportamiento con el tiempo

Los costos que se consideran son:



Ilustración 3.2. Costos involucrados en el desarrollo de la actividad. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Precio de venta

Teniendo en cuenta que el precio de recepción de escombros es de \$ 84 por metro cubico¹⁷ y el costo de cargue y acarreo en camión se aproxima a los \$213 por metro cubico para distancias cercanas a 20 km¹⁸, el costo de retiro de escombros para el constructor resultaría de 297 \$/m³.

Adicionalmente el precio de agregado virgen se acerca a los 90 \$/m³. El precio del agregado reciclado en la planta del Distrito Federal, se encuentra en 53.50 \$/m³, y el precio de recepción de escombros es de 82\$/m³.

El costo que debe asumir el constructor por llevar escombros a la planta y volver con agregado reciclado es de $\$82 + \$53.50 + \$213 = 348.5$ \$/m³.

El precio de venta del producto debe ser inferior a dicha cantidad para que sea llamativo para el constructor.

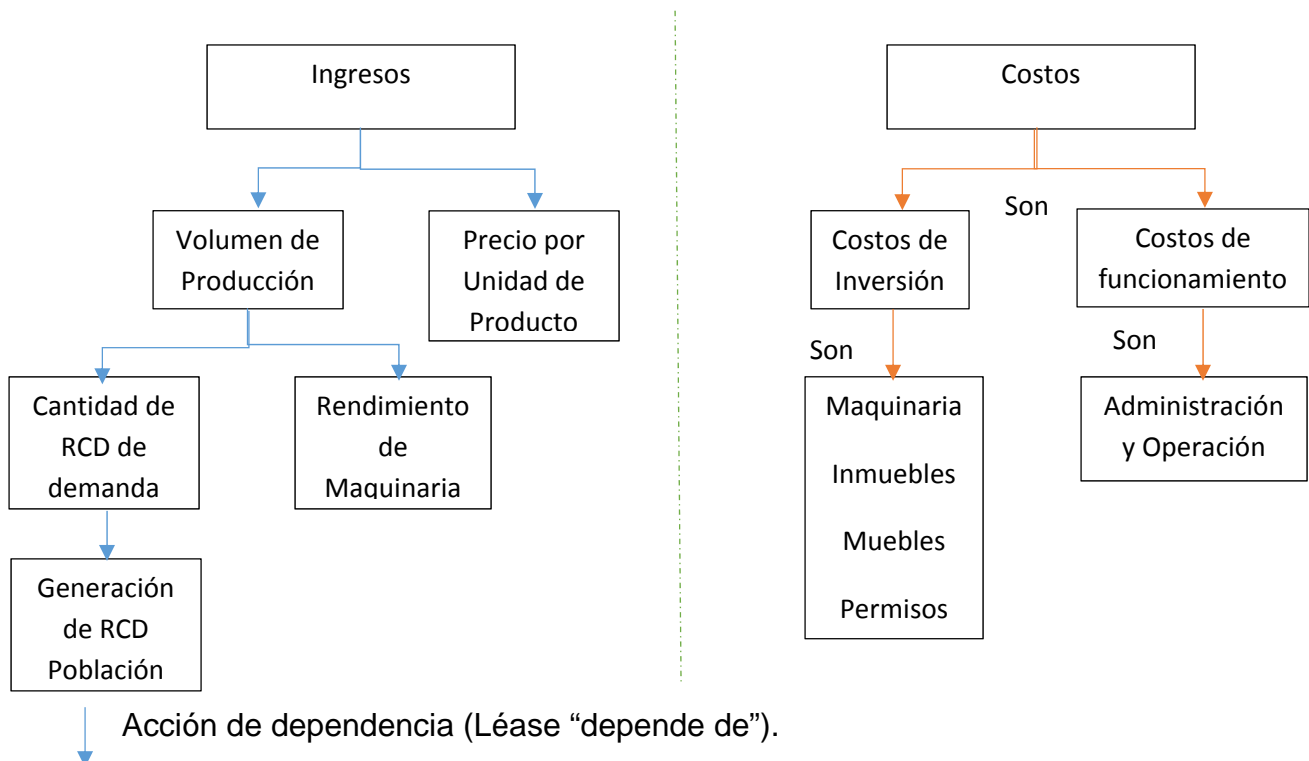
¹⁷ Fuente: <http://www.retirodeescombros.com.mx/index.php/recepcion-de-escombros/costo-por-recibir-escombros-casajo-material-de-demolicion-y-excavacion>

¹⁸ Ver cálculo en el Apéndice 1

3.7 .Conclusiones del capítulo

El análisis financiero es determinado principalmente por los costos y los Ingresos. Los ingresos dependen de la cantidad proyectada de ventas y el precio por unidad de producto, de aquí la importancia de establecer estas dos variables de manera que sean acordes con la realidad. Por su parte, los costos dependerán principalmente de los costos asociados a la inversión inicial y a la operación.

La producción de residuos en la población es un parámetro límite teórico que indica un máximo para el flujo de material que pudiera tratar la planta. Por su parte el porcentaje de RCD que demanda la población, muestra un parámetro que se aproxima más a la cantidad máxima real para la cantidad de RCD a tratar en la planta. Estos dos parámetros son punto de partida para establecer los volúmenes de material a tratar y a producir.



4. CAPÍTULO IV. Análisis de la Gestión de RCD en México

El diagrama de flujo que representa la el manejo de los residuos de Construcción y Demolición según el manejo actual se muestra a continuación:

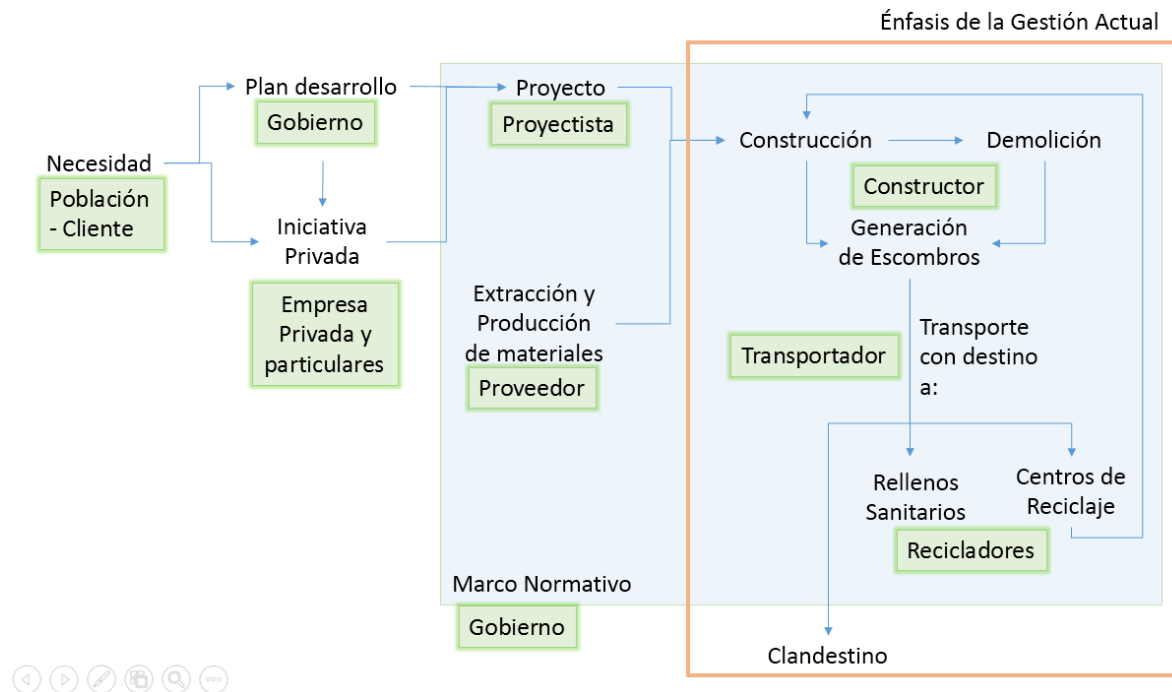


Ilustración 4.1. Gestión de RCD - Situación actual en México. Fuente: Elaboración propia.

Este diagrama representa el manejo actual de los RCD, se destacan los siguientes aspectos:

- No recaen responsabilidades sobre todos los actores del sistema, se limita a asignar responsabilidades desde el proceso de construcción, lo cual hace que los demás involucrados no tengan participación activa.
- El énfasis de la gestión inicia a partir del proceso constructivo sin tener en cuenta la elaboración del proyecto ejecutivo.
- El transportador forma parte importante en el flujo, pues se presenta como única opción para evacuar los residuos a los centros autorizados. Esta responsabilidad propicia los botaderos clandestinos.

4.1 Propuesta de Mejora

La introducción de las plantas móviles y la introducción de la nueva normativa con las salvedades y recomendaciones que se remiten en esta investigación, llevan a modificar este flujo de tal manera que se potencializa la actividad de reciclado. El flujo que se presenta a continuación se elabora teniendo en cuenta estas nuevas consideraciones:

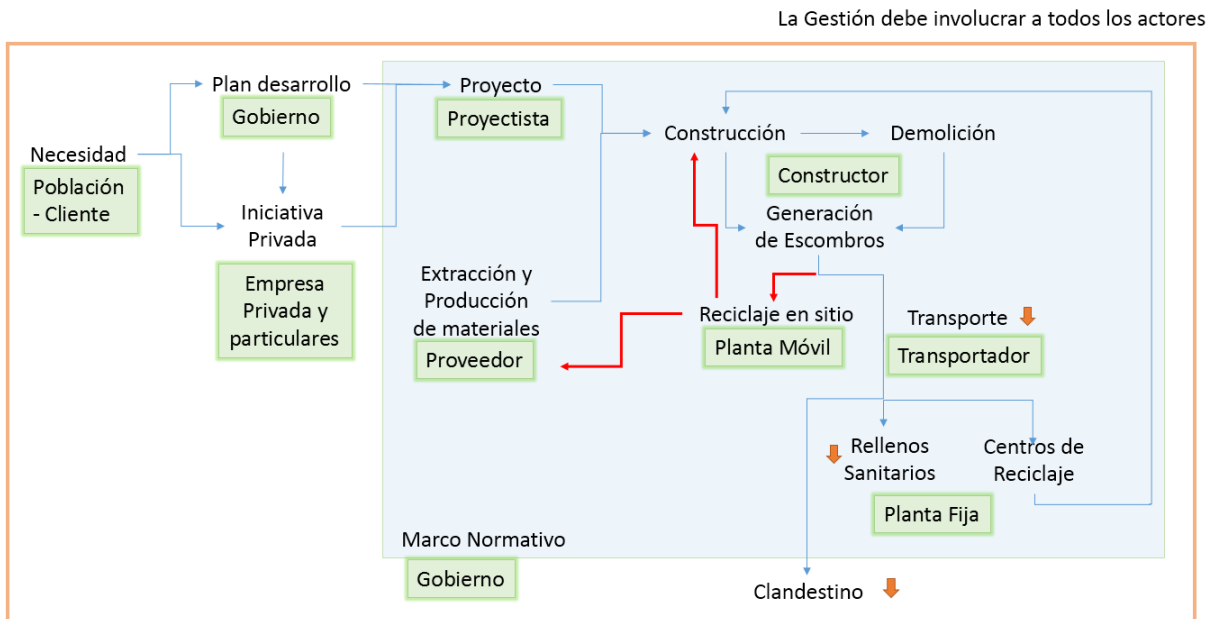


Ilustración 4.2. Introducción de plantas móviles en la gestión actual. Fuente: Elaboración propia.

En este flujo se hace énfasis en todos los actores involucrados en el proceso, esto gracias al aporte de la nueva normativa. La introducción de las plantas móviles que trabajan en obra, presentan la ventaja de no requerir transporte de residuos a centros de transferencia, esto debido a que la transformación de residuos en agregados reciclados se realiza en obra; esto hace que exista una disminución de transporte de residuos a rellenos sanitarios y botaderos clandestinos.

Dentro del flujo propuesto, se establece una línea de flujo de las plantas móviles con los proveedores de materiales, esto con el fin de mostrar la necesidad de relacionar al proveedor con el proceso, de tal manera que estos demanden agregado reciclado para la elaboración de sus productos.

Los proveedores podrían ser factor clave para impulsar el uso de agregados reciclados, pues actualmente aunque el constructor quiera hace uso de este material, no encuentra en el mercado fácil acceso a estos.

Las plantas de elaboración de concreto deben ofrecer el producto de Concreto con agregados reciclados. Estas plantas son las responsables de surtir el concreto que se demanda en la mayoría de obras de Construcción. La Secretaría de Medio Ambiente debe iniciar un proceso que comprometa a estas empresas a participar en la gestión.

Las empresas que elaboran block, tabique y otros prefabricados deben ofrecer productos con materiales reciclados

Los proyectos público y privados deben elaborarse de tal manera que contemplen el uso de agregados reciclados e implementen especificaciones de uso de materiales reciclados. La norma debe exigir que los proyectos contengan dichas especificaciones.

La exigencia de un plan de manejo de residuos para el constructor es un gran avance pero no es suficiente, pues deben existir garantías para su cumplimiento, especificaciones de mecanismos de control en la norma.

5. CAPÍTULO V. Análisis Financiero de alternativas

5.1 Alternativa No 1

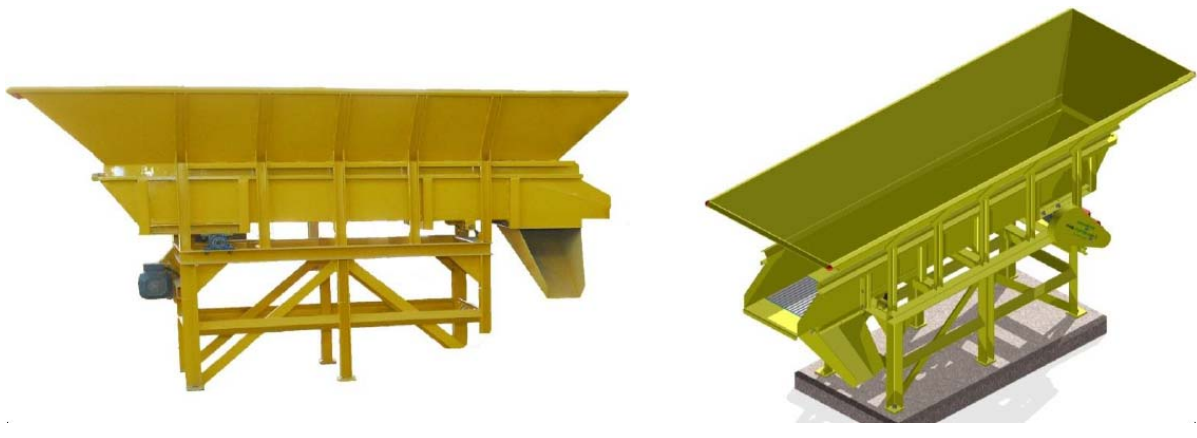
5.1.1 Descripción

La Primer alternativa de planta consiste en un modelo de planta móvil de bajo costo basado en maquinaria desarrollada por la empresa Brasileira VEGEDRY. Esta empresa desarrolla diversidad de maquinaria para la construcción sustentable y el reuso de materiales.



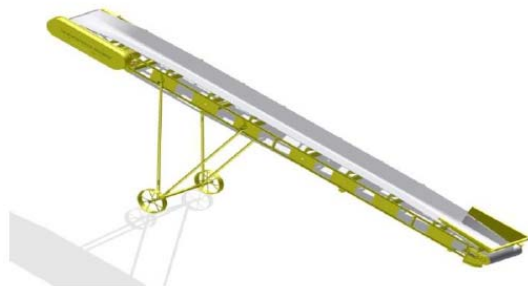
5.1. Modelo de planta de reciclado de RCD - Alternativa 1. Fuente: VEGEDRY

Esta planta consta de una trituradora, un alimentador, y tres transportadores de correa; su rendimiento es de 4.5 m³/h. Las características de los elementos que conforman la planta se presentan a continuación:



DADOS TECNICOS		ALIMENTADOR 500x3400	
Volume da Moega	1 m ³ /h	Largura total	1520 mm
Capacidade de alimentação ajustável	1- 6 m ³ /h	Comprimento total	3620 mm
Altura de descarga	1140 mm	Altura total	2000 mm
Altura de descarga do fino (lateral)	700 mm	Motor elétrico trifásico, blindado, 200/380 v.	1,5KW / 2cv
Abertura da grelha	10 mm	Consumo de energia	1.87 kW/h
Peso sem bloco removível	480 Kg	Bloco removível recomendado	1000x2000x150 mm

5.2. Características de alimentador. Fuente: VEGERY



DADOS TECNICOS		TRANSPORTADOR DE CORREIA COM ROLETES - MODULADO	
Produção media	10 m ³ /h	Motor elétrico trifásico, blindado, 200/380 v.	0,75KW / 1cv
Altura de descarga, depende do tamanho	1 a 6 metros	Consumo de energia	0,75 kW/h
Altura da moega de alimentação	350 mm	Peso:	
Largura da correia	400/500 mm	Cabeceira tração	75 Kg
Largura Total	980 mm	Cabeceira Moega	45 Kg
Comprimento total	Até 15 metros	Modulo 2 metros	60 Kg
		Modulo 1 metro	32 Kg
		Pés	20 Kg

5.3. Características de bandas transportadoras. Fuente: VEGEDRY.

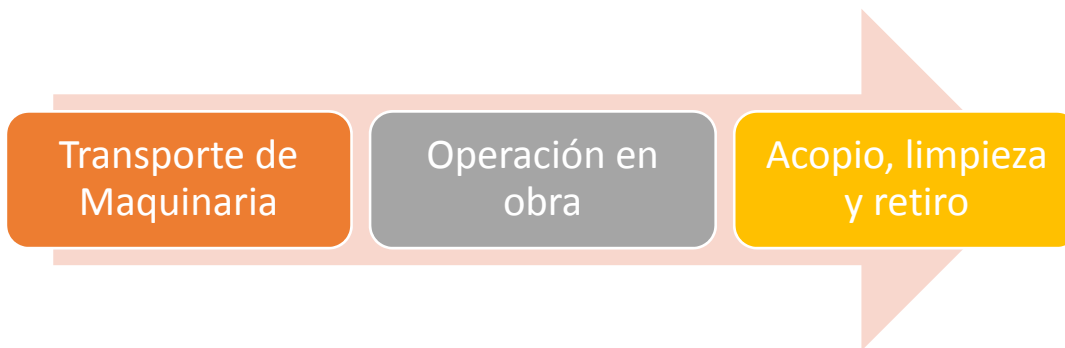


DADOS TECNICOS QUEIXADA 400 RI			
Produção media (Fino + Brita)	4 m ³ /h	Altura de descarga dos finos	460 mm
Abertura das mandíbulas ajustável	6 – 22 mm	Largura total	1090 mm
Abertura de entrada das mandíbulas	400 x 265 mm	Comprimento total	2610 mm
Altura da moega de alimentação	2045 mm	Motor elétrico trifásico, blindado, 200/380 v.	7,5KW / 10cv
Altura de descarga da brita	515 mm	Consumo de energia	5.5 kW/h
Peso	1500 Kg		

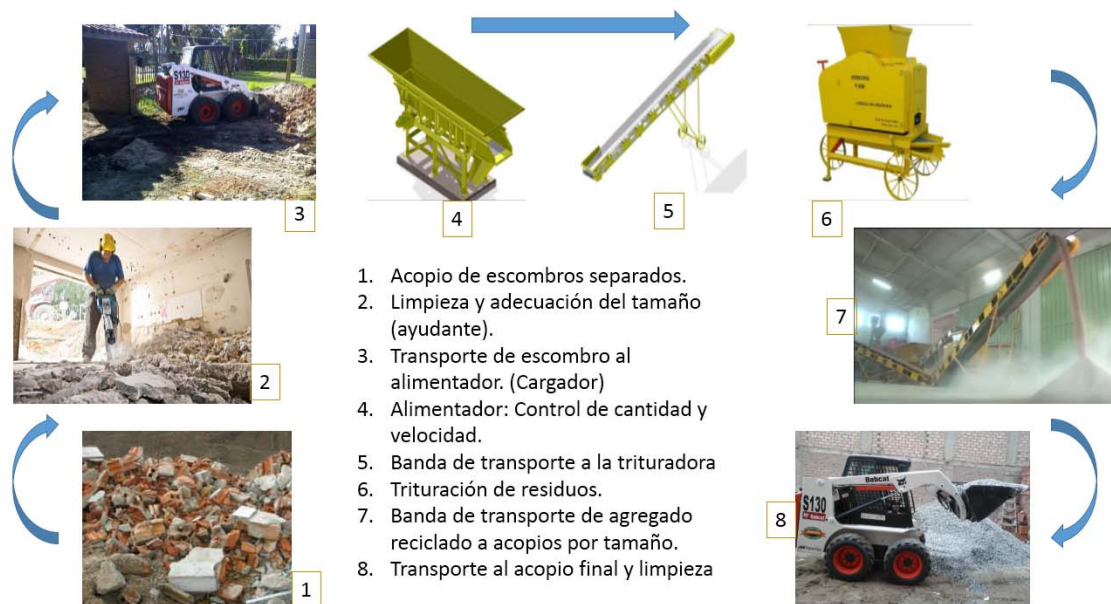
5.4. Características de trituradora. Fuente: VEGEDRY.

5.1.2 Flujo de operación

El conjunto de actividades que se desarrollan alrededor de la actividad principal, inicia con el transporte de la maquinaria a la obra, se realiza la actividad de reciclado de escombros y finaliza con el acopio del agregado reciclado en el sitio dispuesto por el constructor.

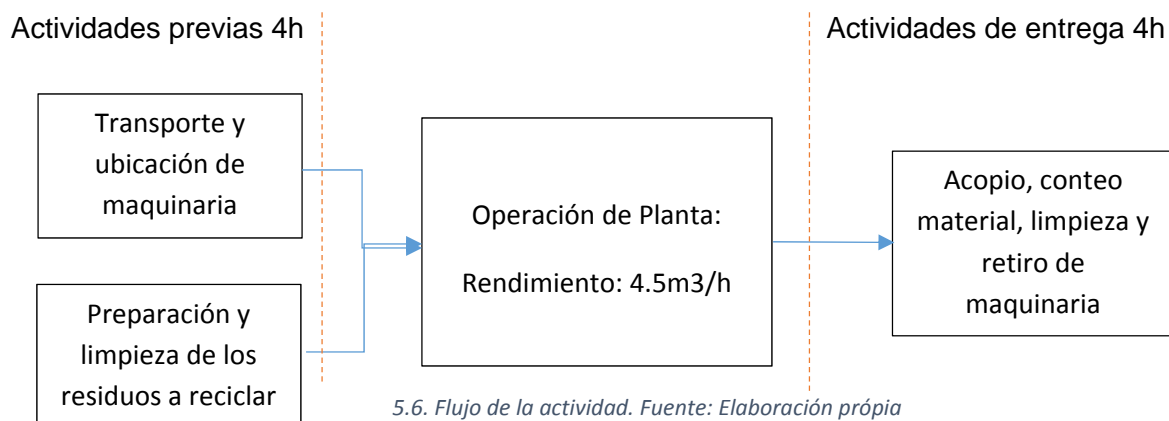


La operación en obra se desarrolla mediante un conjunto de operaciones que dependen principalmente del rendimiento del personal y la maquinaria, esta operación se describe en el gráfico siguiente:



5.5. Flujo de operación para planta de alternativa 1. Fuente: elaboración propia.

El constructor debe separar y establecer un punto de acopio para los escombros. En primer lugar se realiza una limpieza de los escombros por parte del operario, esto con el fin de eliminar elementos como madera, papel y otros que puedan estar en el acopio por error del constructor, esta operación se realiza de manera manual, adicionalmente el operario debe fraccionar los elementos de concreto o escombros que sean demasiado grandes (mayores a 20 pulgadas aproximadamente) con ayuda de un martillo rompedor o demoledor de concreto. Esta operación debe tomar aproximadamente cuatro horas, mientras se realiza el transporte de la maquinaria y su ubicación en la obra.



5.6. Flujo de la actividad. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de establecer los costos que se generan con la implementación de dicha alternativa, se plantean a continuación tres escenarios en los que la planta desarrollará su actividad. Los escenarios se plantean exclusivamente para obras de edificación y corresponden a obra de demolición, obra nueva y obra de reforma. Es necesario realizar un análisis de cada una de ellas con el fin de analizar los costos que se generan en cada proyecto. Para ello se requiere del análisis del rendimiento de la maquinaria, para establecer un programa del proyecto que permita definir los costos de manera adecuada.

El cálculo del volumen de escombros agregados que se genera en obra se puede realizar utilizando coeficientes que permiten estimar a partir de la superficie construida, demolida o reformada, el volumen de escombros producidos. Estos coeficientes han sido establecidos a través de estudios estadísticos de obras¹⁹:

Obra nueva:

$$C_{ON} = 0.120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ construido}$$

Obra de Reforma:

$$C_{OF} = 0.489 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ construido}$$

Obra de Demolición:

$$C_{OD} = 0.8583 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ construido}$$

La densidad media de los escombros es de 1,4 Ton/m³.

¹⁹ Informe de la construcción Vol. 63, 521, 89-95, Enero – Abril 2011, Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones

5.1.3 Escenario 1

➤ Proyecto Tipo

Demolición de vivienda con 300m² de área construida para la construcción posterior de un edificio residencial.

Se determina a continuación el volumen total de escombros producidos en la obra:

$$V_T = C_{OD} * A = \left(0.8583 \frac{m^3}{m^2}\right) (300m^2) = 257.5m^3$$

De los cuales, los correspondientes a los tratados por la planta (fracción pétreo 47%) son:

$$V_R = 257.5m^3 * 47\% = 121m^3$$

Este valor corresponde a la cantidad de escombros que se recibe al constructor, el cual, dejará de pagar por enviar estos escombros al centro de disposición final. Esta cantidad será transformada en agregados de dos tipos principalmente, gravas y arenas en la misma proporción con una eficiencia del 85%, por lo tanto la producción de agregados es:

$$V_P = 121m^3 * 0.85 = 102.9m^3$$

Esta cantidad representa el volumen de agregados que se entrega al constructor para que pueda ser usado durante la futura construcción.

	Tipo de Obra	Unidades
	Demolición	
Coefficiente	0,858	m3/m2
Área Obra Tipo	300	m2
Producción RCD	257,5	m3
Fracción pétreo	121,0	m3
Producción Agregados	102,9	m3
Producción Agregados	144,0	TON

Tabla 5.1. Resumen de cantidades de agregado producido. Fuente Elaboración propia.

Del anterior análisis se obtiene el volumen de producción de agregados pétreos (V_P) y el Volumen de residuos reciclados (V_R), valores que son el punto de partida para determinar la programación del proyecto.

El rendimiento de la planta es de $4.5 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que el tiempo total de operación en el proceso de demolición es:

$$\text{tiempo de operación} = \frac{121\text{m}^3}{4.5\text{m}^3/\text{h}} = 26.89 \text{ h} \approx 27 \text{ h}$$

Suponiendo que el tiempo de trabajo efectivo de la planta es de 6 horas por día y considerando la logística del proceso se resume:

Actividad	horas
Traslado e instalación de equipos en la obra	4
Tiempo operación	27
Acopio, conteo de material, limpieza y retiro de equipos	4
Tiempo Total	35

Tabla 5.2. Resumen de tiempos para llevar a cabo la actividad. Fuente: Elaboración propia.

Horas laborales (h/día)	6
Horas laborales (h/semana)	36
Semanas efectivas al año	50
Horas laborales (h/año)	1800

$$\text{Obras Demolición en un año} = \frac{1800 \frac{\text{h}}{\text{año}}}{35\text{h}} \approx 51$$

Suponiendo que la planta se dedique en un 100% a las obras de demolición, se puede concluir que la cantidad de residuos tratados al año son:

$$51 * 121.02\text{m}^3 = 6172.03 \text{ m}^3$$

Suponiendo una eficiencia del 85% para la producción de agregados, los cuales se dividen en 50% para gravas y 50% para arenas.

$$6172.03 * 85\% = 5246.23\text{m}^3$$

Repartidos en 2623 m^3 de grava y 2623 m^3 de arena.

5.1.4 Análisis de costos

Los costos de la planta móvil se basan principalmente en los costos de maquinaria y en el personal de operación, se muestra a continuación un detalle de los costos de inversión y costos anuales que se deben tener en cuenta:

Maquinaria	Cant	Costos Inversión	Costos anuales
Conjunto Q400 producción 4-5m³/h	1	\$ 536.125,75	\$ 154.432,00
Herramienta menor	1	\$ 3.000,00	\$ 600,00
Rompedor De Concreto Stark 35kg 2050w 110v	1	\$ 12.000,00	\$ 4.000,00
Minicargador Frontal	1	\$ 442.547,84	\$ 396.336,00
Subtotal 1		\$ 993.673,59	\$ 555.368,00
Salarios			
Operador	1		\$ 10.000,00
Ayudante	1		\$ 7.000,00
Factor Salario Real	1,65		
Subtotal 2			\$ 336.600,00
Otros			
Administración			\$ 111.698,00
Energía			\$ 27.400,00
Transporte de Maquinaria			\$ 71.400,00
Seguridad Laboral			\$ 6.732,00
Subtotal 3			\$ 217.230,00
TOTAL		\$ 993.673,59	\$ 1.109.198,00

Tabla 5.3. Costos de alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

Estos costos se verán reflejados en los egresos en el flujo financiero.

5.1.5 Precio de venta del producto

Los costos de retiro de escombros que asume el constructor normalmente sin el reciclado de residuos se resumen a continuación:

Teniendo en cuenta que el precio de recepción de escombros es de \$ 84 por metro cubico²⁰ y el costo de cargue y acarreo en camión se aproxima a los \$213 por metro cubico para distancias cercanas a 20 km²¹, el costo de retiro de escombros para el constructor resultaría de 297 \$/m³.

Adicionalmente el precio de agregado virgen se acerca a los 90 \$/m³. El precio del agregado reciclado en la planta del Distrito Federal, se encuentra en 53.50 \$/m³, y el precio de recepción de escombros es de 82\$/m³.

El costo que debe asumir el constructor por llevar escombros a la planta y volver con agregado reciclado es de $\$82 + \$53.50 + \$213 = 348.5$ \$/m³.

El anexo 1 corresponde a una cotización realizada para el envío de escombros a un sitio de disposición autorizado. La empresa aclara que tiene capacidad de retirar 42 m³ por día (6 viajes), por lo que si se realiza el retiro sin máquina, el costo del retiro es de $1908.20 / 7 = 272.6$ \$/m³. El costo de retiro con máquina según esta cotización para el proyecto tipo del escenario 1 resulta:

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio TOTAL
Renta de máquina retroexcavadora por 8 horas de trabajo (Incluye operador y combustible)	día	1/42	\$ 5800	\$138.10
Retiro de Residuos de la construcción en camión tipo volteo de 7m3 (Cargado con máquina)	Viaje	1/7	\$1560.20	\$222.89
Llevar y traer máquina retroexcavadora.	Viaje	1/102.9	\$2320.0	\$22.54
Total				\$383.53

²⁰ Fuente: <http://www.retirodeescombros.com.mx/index.php/recepcion-de-escombros/costo-por-recibir-escombros-casajo-material-de-demolicion-y-excavacion>

²¹ Ver cálculo en el anexo 1

Se concluye del anterior análisis que el precio de oferta para el constructor debe estar por debajo de 348.5 \$/m³. Un precio cercano a \$272.6 \$/m³ resulta favorable para el constructor, pues con el producto ofrecido se entrega además al constructor agregado reciclado.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que el producto ofrecido al constructor es la transformación de sus escombros en agregados reciclados, en el análisis financiero realizado se estudiará la viabilidad financiera para un rango de precios entre \$250 y \$290 por metro cubico.

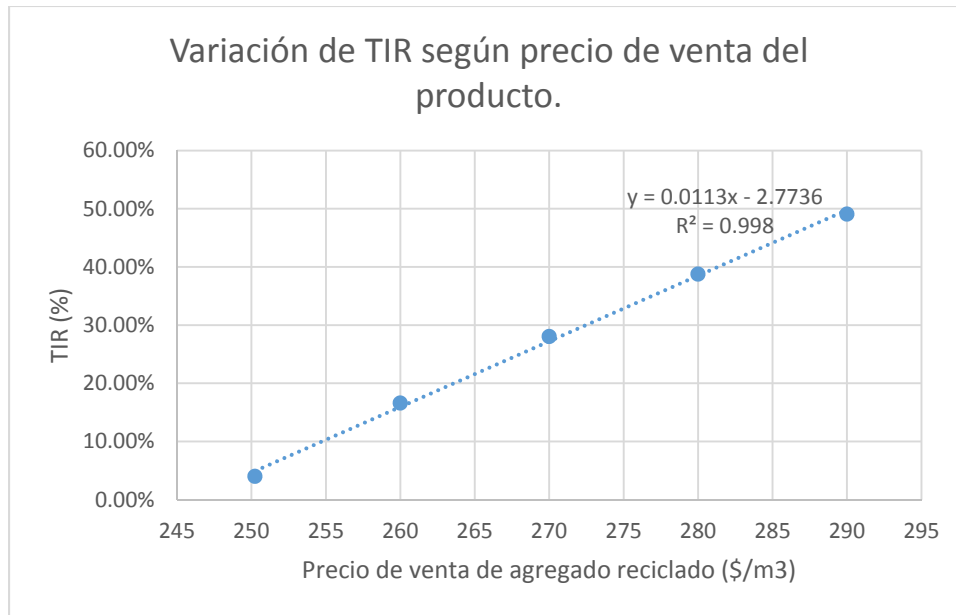
5.1.6 Análisis financiero de alternativa 1.

Según datos del Banco Mundial el promedio de Inflación en México para los últimos cinco años se acerca al 4%, por lo tanto una TIR de 4% representa un valor en el que la empresa de reciclaje no obtiene perdidas ni ganancia en el periodo de evaluación.

Se debe tener en cuenta que el conteo de material se realiza sobre el agregado producido por la planta. La tabla 5.4 muestra las TIR obtenidas en los flujos 1.1 a 1.5 en los cuales se establecen diferentes precios de venta del agregado reciclado, establecidos dentro de un rango aceptable para el constructor.

Flujo No	Precio de Venta (\$/m ³)	Porcentaje de Financiación	TIR
1.1	\$ 250	70%	4.00%
1.2	\$ 260	70%	16.59%
1.3	\$ 270	70%	28.03%
1.4	\$ 280	70%	38.74%
1.5	\$ 290	70%	49.07%

Tabla 5.4. Resultados de Flujos 1.1 a 1.5. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 5.1. Variación de TIR según precio de venta del producto. Financiamiento del 70%. Fuente: Elaboración propia.

Si se establece que la TIR mínima aceptable para el inversionista es del 30%, se tendrá:

$$0.30 = 0.0113x - 2.7736$$

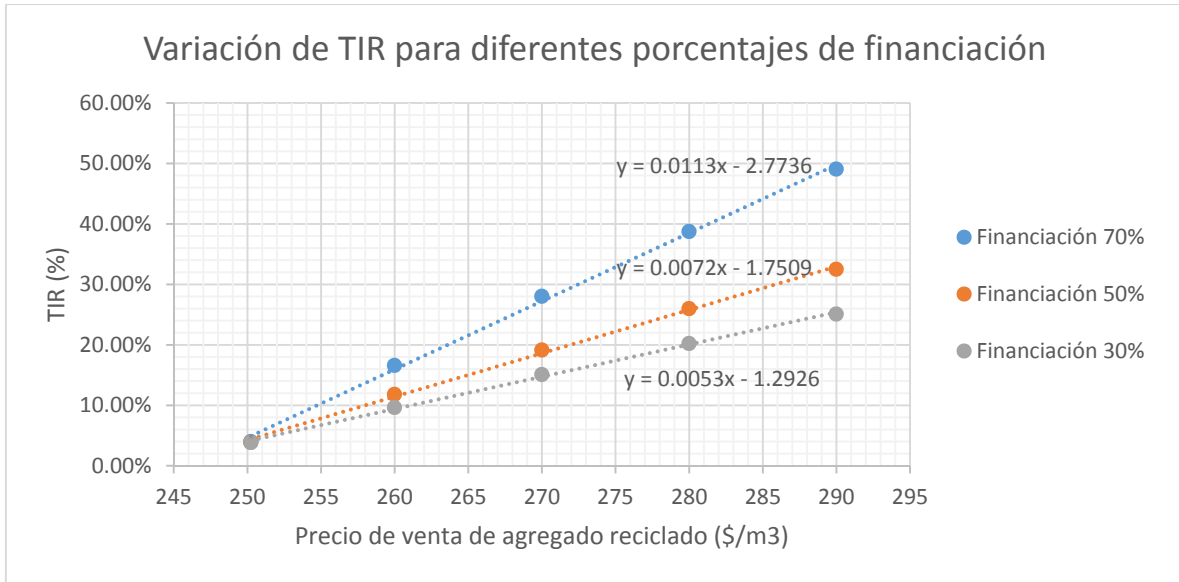
$$x = \frac{0.30 + 2.7}{0.0113} = 265.49$$

Se obtiene la TIR aceptable para un precio de venta del producto de \$ 265.49 por metro cubico de agregado reciclado producido.

La tabla 5.5 muestra los resultados de las TIR con la variación de precios de venta del producto y el porcentaje de financiamiento.

Precio Agregado Reciclado	TIR (Financiamiento 70%)	TIR (Financiamiento 50%)	TIR (Financiamiento 30%)
250	4,00%	3,88%	3,82%
260	16,59%	11,81%	9,64%
270	28,03%	19,13%	15,09%
280	38,74%	25,97%	20,21%
290	49,07%	32,50%	25,08%

Tabla 5.5. Resultado de flujos mediante la variación del porcentaje de financiamiento. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 5.2. Variación de TIR para diferentes porcentajes de financiación. Fuente: Elaboración propia.

La disminución en el porcentaje de financiamiento representa una disminución en la TIR para el inversionista; esta situación se ve reflejada con mayor severidad a medida que aumenta el precio de venta del agregado reciclado. Las pendientes de las rectas de tendencia para cada porcentaje de financiación aumentan con el porcentaje de dicho financiamiento.

5.2 Alternativa No 2

La alternativa No 1 establece un modelo en el que la planta dedica su actividad propiamente a obras de edificación, se conforma de un equipo básico de bajo rendimiento pero adecuado para el ritmo de construcción de obras pequeñas.

La alternativa número 2, se establece para proyectos con producción de residuos a mayor escala, el equipo empleado posee mejores rendimientos y los tiempos de la actividad en cada proyecto son más extensos. A continuación se plantea un proyecto tipo para el cual se muestra la forma de operación de la planta.

5.2.1 Descripción del equipo



Equipo de Trituración Diamond Modelo 1036

- Motor 50 HP 440 volts trifásico
- Alimentador Vibratorio de 12 Pies X 30"
- Motor 10 HP 440 volts trifásico
- Criba Vibratoria de 3'x6'
- Motor 3 HP 440 volts trifásico
- Transportador de Salida de 36" x 7 mts con reductor directo a flecha
- Motor 5 HP 440 volts trifásico
- Se Puede Mover con Cualquier Tracto camión
- Requiere Generador de 125 KVA Mínimo
- Admite Residuos de 10 pulgadas, salida se puede cerrar Hasta 1 pulgada

Rendimiento 30m³/h

Precio: 1.120.000 Pesos Mexicanos

5.2.2 Análisis de Costos

Maquinaria	Cant	Costos Fijos	Costos anuales
Equipo de trituración Diamond 1036	1	\$ 1.120.000	\$ 805.408
Herramienta menor	1	\$ 3.000	\$ 600
Rompedor De Concreto Stark 35kg 2050w 110v	1	\$ 12.000	\$ 4.000
Cargador - Retroexcavador sobre Neumáticos Caterpillar 446B	1	\$ 2.004.881	\$ 704.224
Generador	1	\$ 157.824	\$ 80.000
Subtotal 1		\$ 3.297.705	\$ 1.594.232
Salarios			
Supervisor	1		\$ 10.000
Operadores	2		\$ 7.000
Factor Salario Real	1,65		
Subtotal 2			\$ 475.200
Otros			
Bodega maquinaria			\$ 84.000
Gastos de oficina			\$ 14.400
Transporte de Maquinaria			\$ 40.000
Seguridad Laboral			\$ 14.256
Capacitaciones al personal			\$ 9.504
Administración			174.256
Subtotal 3			\$ 322.160
TOTAL		\$ 3.297.705	\$ 2.391.592

Tabla 5.6. Costos de alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Proyecto Tipo

Proyecto de demolición y reconstrucción de banqueteta en concreto.

Demolición de banquetetas y guarniciones por medios manuales, construcción de banqueteta de concreto hidráulico de resistencia normal y colocación de guarnición prefabricada.²²

Cantidades de Obra:

- 456 rampas.
- 43 530.59 metros lineales de guarniciones.
- 197 414.41 m² de banqueteta.

Espesor de sección de concreto para banqueteta = 12cm.

Periodo de Obra: Junio de 2013 a Noviembre 2013.

Tiempo total: 6 meses

Volumen de residuos de concreto producido:

$$V_T = 197\,414.41m^2 * 0.12m = 23\,689.73m^3$$

Volumen de producción de agregado reciclado:

$$V_T = 23\,689.73m^3 * 0.85 = 20\,136.27m^3$$

El ritmo de demolición asumiendo tiempo laboral de 140 horas mensuales es:

$$\frac{23\,689.73m^3}{140 \frac{h}{mes} * 6mes} = 28.20 m^3/hora$$

²² Obra desarrollada en el 2013 en el Distrito Federal.

Fuente: <http://www.data.obras.cdmx.gob.mx/rehabilitacion-de-banquetetas-y-guarniciones-2/>

Debido a que el rendimiento de la maquinaria es de 30m³/h, se sabe que esta es adecuada para la actividad, en donde el rendimiento real se rige por el ritmo de demolición.

Planteamos que la planta puede acceder a dos obras de esta magnitud en el año, por lo tanto, el volumen a tratar en el año es de:

$$23\ 689.73m^3 * 2 = 47\ 379.46\ m^3$$

Suponiendo una eficiencia del 85% para la producción de agregados, los cuales se dividen en 50% para gravas y 50% para arenas.

$$47\ 379.46\ m^3 * 85\% = 40\ 272.54m^3$$

Repartidos en 20136.27 m³ de grava y 20136.27 m³ de arena.

5.2.4 Precio de venta del producto

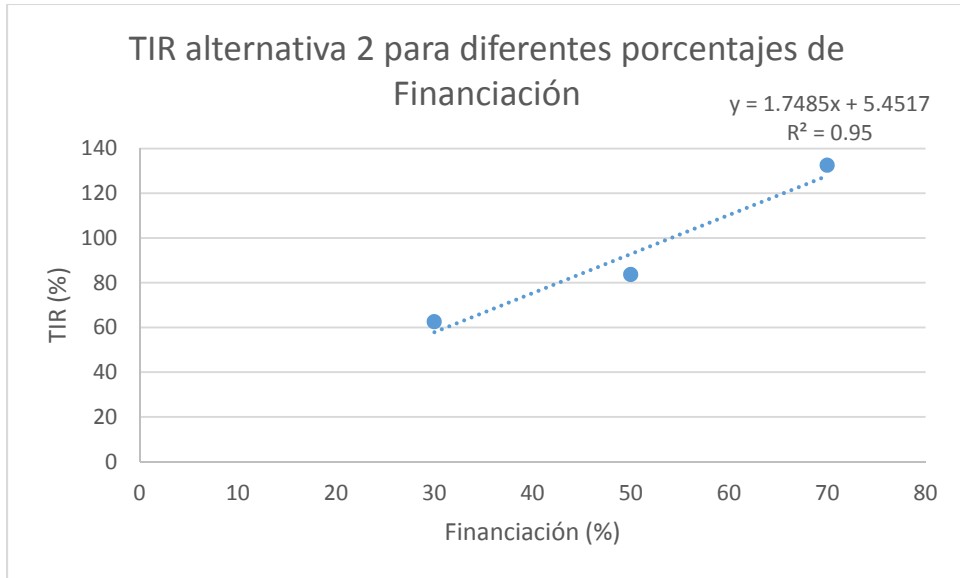
La empresa Concretos Reciclados SA, realiza esta actividad a un precio promedio de 130 \$/m³, este precio se mantiene en el presente análisis debido a que el servicio prestado es similar y no se tiene otro precio de referencia en el país.

5.2.5 Análisis financiero de alternativa 2.

Los flujos 2.1 a 2.3 representan el flujo financiero para esta alternativa con financiación del 70%, 50% y 30%. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Flujo No	Financiación (%)	TIR (%)
2.1	70	132.48
2.2	50	83.61
2.3	30	62.54

Tabla 5.7. Resultados del análisis financiero para la alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 5.3. Resultados de Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

6. CAPÍTULO VI. Análisis de sensibilidad y de riesgo del proyecto.

Con el fin de establecer cuáles son las variables que al fluctuar levemente generan más impacto en la rentabilidad del proyecto, se toma para la alternativa 1, los siguientes valores iniciales:

DATOS BÁSICOS	
Inversión	\$993.674
Financiación	70%
Costos anuales	\$1.109.198
Incremento anual de costos	0,00%
Vida del proyecto (años)	10
Valor de rescate	20,00%
Impuestos	35,00%
PTU	10,00%
Precio Venta Producto	\$290,00

Tabla 6.1. Valores iniciales para alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

Para un tratamiento de 6.172 Toneladas de RCD en el año con eficiencia de 85% (se supone que el 85% de estos residuos serán convertidos en agregados reciclados). Para este escenario se tiene el siguiente resultado:

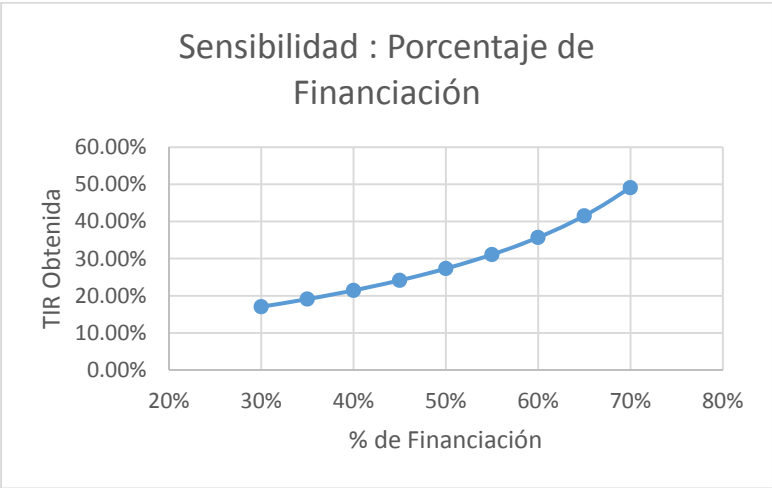
TIR	49,07%
-----	--------

Las variables Inversión y Costos anuales han sido obtenidas mediante cotización a los proveedores de maquinaria empleada. Las variables Impuestos y PTU representan una constante para el cumplimiento de la ley. Por lo tanto, las variables a analizar corresponden al porcentaje de Financiación, el incremento anual en costos, el precio de venta del producto y la cantidad de toneladas a tratar en el año por la planta.

- **Variación en el porcentaje de financiación**

Al mantener todas las variables constantes y variar el porcentaje de financiamiento, se obtiene que la rentabilidad del proyecto se ve afectada significativamente, pues para pequeños cambio en el porcentaje de financiamiento se obtienen grandes

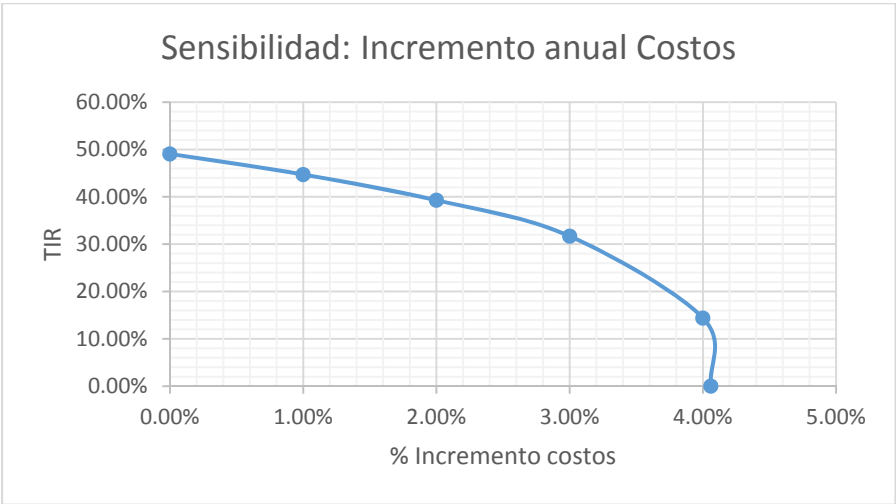
cambios en la TIR para dicho escenario. Al disminuir el porcentaje de financiación del 70% al 65% (disminución del 7%) arroja un cambio de TIR que pasa de 49.07% a 41.49% (disminución del 15%).



Gráfica 6.1. Variación en el porcentaje de Financiación. Fuente: Elaboración propia.

- Incremento anual en costos**

El incremento anual en costos es una variable que depende del comportamiento del mercado en el tiempo. Este incremento depende principalmente del posible aumento que se puede dar en los precios de los insumos, repuestos de maquinaria, precio de combustibles y en general cualquier recurso que se requiera para el funcionamiento del proyecto.

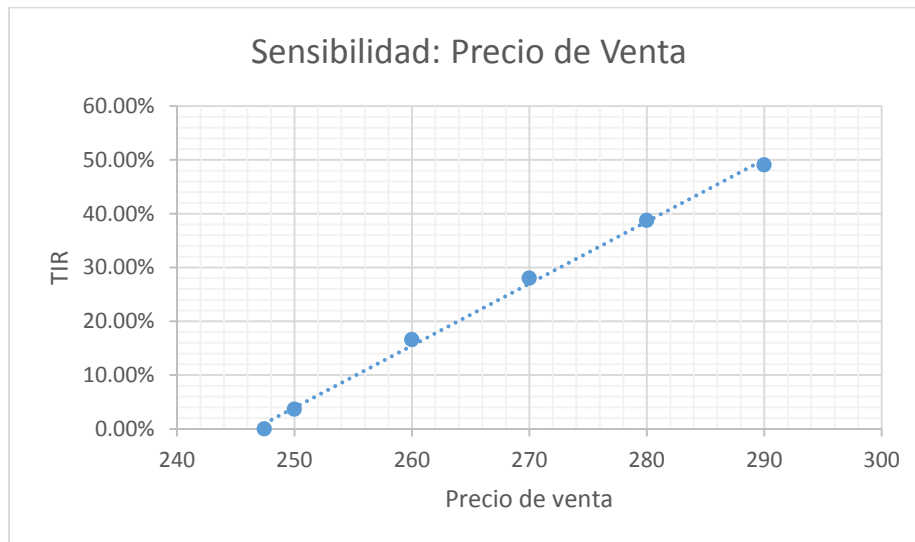


Gráfica 6.2. Incremento anual en costos. Fuente: Elaboración propia.

La variable es bastante sensible, pues para pequeñas variaciones se afecta significativamente la TIR del proyecto. Se puede observar que basta con un incremento anual de costos cercano al 4% para llevar la TIR a un valor por debajo de la TIIE.

- **Variación en el precio de Venta**

La variable precio de venta, se puede ver afectada por las condiciones del mercado, pues puede que al iniciar el proyecto el constructor no esté dispuesto a pagar el precio ofertado por el producto, por lo cual se debe disminuir para aumentar la demanda.

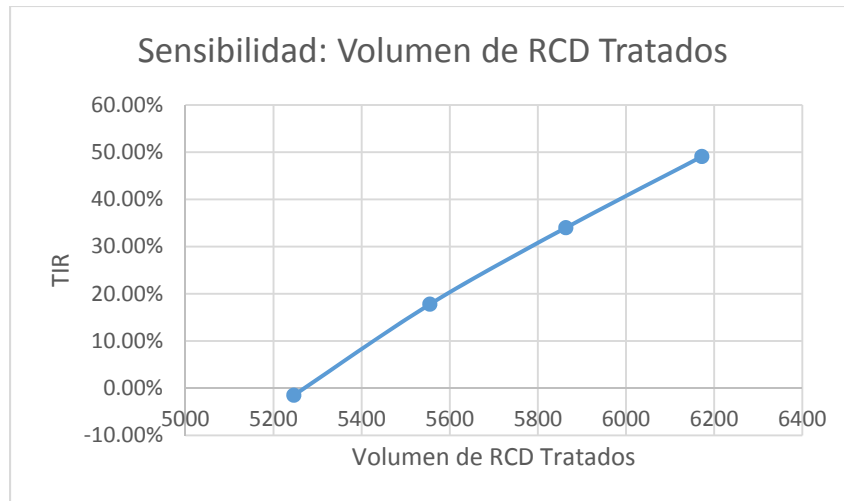


Gráfica 6.3. Variación en el precio de venta. Fuente: Elaboración propia.

Una disminución del 3% en el precio de venta representa una disminución en la TIR del 21%, por lo que se considera que la variable es sensible. Un precio por debajo de 250 \$/m³ representa una TIR que se encuentra por debajo de la TIIE.

- **Variación en la cantidad de RCD a tratar**

La proyección realizada para la cantidad de RCD que tratará la planta en el año se realiza con base a datos históricos, por lo que puede llegar a ser inferior y afectar negativamente la rentabilidad del proyecto.



Gráfica 6.4. Variación en la cantidad de RCD a tratar. Fuente: Elaboración propia.

Una disminución en el volumen de RCD a tratar por la planta de tan solo el 5% genera una disminución en la TIR del 31%, los volúmenes por debajo de los 5400 producen una TIR por debajo de la TIIE y el proyecto deja de ser rentable.

- **Definición de Tasa de interés mínima aceptable de recuperación (TIMAR)**

Para el análisis de las alternativas presentadas se requiere establecer una tasa de interés mínima aceptable de retorno. Para determinar la **TIMAR** se considera un índice inflacionario más una prima por incurrir en el riesgo de invertir el dinero en el proyecto:

TIMAR = índice inflacionario + prima de riesgo

Se puede calcular con la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio, la cual está libre de riesgo (TIIE), más una prima de riesgo.

TIMAR = TIIE + prima de riesgo

La TIIE promedio del último año en México es de 4.19%.

TIMAR = 4.19% + 25% ≈ 30%

7. CAPÍTULO VII. Análisis de Resultados

- Para la alternativa número 1, se planteó un proyecto tipo en el que se realiza una demolición de vivienda. En este escenario, debido al volumen de residuos generados por unidad de tiempo, no se requiere maquinaria de gran rendimiento, por lo que se puede optar por una alternativa de maquinaria de bajo costo y bajo rendimiento, que responda a las necesidades del constructor y las actividades se realicen a un ritmo conveniente tanto para el constructor como para el reciclador. Esta alternativa muestra el funcionamiento de una pequeña planta de reciclaje de RCD que presenta costos operativos bajos y muchas facilidades de implementación para pequeñas empresas.

Para esta alternativa se evalúa la viabilidad financiera para precios entre \$250 y \$290 por metro cúbico y para diferentes porcentajes de financiamiento. La mejor TIR obtenida se aproxima al 50% y se obtiene para un precio de venta de 290\$/m³ y financiamiento del 70%. Este precio es aceptable para el constructor si se compara con los gastos que se generan por la disposición de los desechos y la compra de agregados, tal como se demuestra en el subcapítulo 4.1.5.

Tanto para financiamiento del 70% y precio de venta desde \$272, como para financiamiento de 50% y precio de venta desde \$286, se supera la TIR mínima aceptable (30%) por lo que para estas circunstancias se considera la inversión viable financieramente.

Los resultados mostrados en la gráfica 4.2, son de vital importancia para que el inversionista pueda realizar la combinación más conveniente de precio de venta, porcentaje de financiamiento y TIR mínima aceptable.

- Para la alternativa número 2 se planteó un proyecto tipo de reconstrucción de banquetas (proyecto realizado en el año 2013). En este escenario la maquinaria requerida es más costosa pero posee un mayor rendimiento, esta combinación de características es ideal para este tipo de obras, pues los tiempos empleados en la actividad de reciclaje se ajustan a los tiempos de demolición. Se desarrolló el análisis con un precio de venta de 130 \$/m³, precio actual de mercado para el mismo servicio ofrecido.

La mejor TIR para esta alternativa 2 llega al 130% y se obtiene para un financiamiento del 70%. La TIR más baja es cercana al 60% y se presenta para un financiamiento del 30%.

La alternativa 2 resulta ser más conveniente financieramente en comparación con la alternativa 1, esto se debe a que aunque se establece un menor precio de venta del producto, los volúmenes de intervención son mayores. La alternativa de maquinaria propuesta en esta alternativa no solo requiere de una inversión mucho más alta en comparación con la alternativa 1, sino que además necesita condiciones de operación que generan mayores costos, por lo cual, se presenta como menos accesible para la pequeña empresa.

La inversión en la maquinaria para la segunda alternativa triplica la inversión realizada en la alternativa 1, por lo cual, el inversionista debe evaluar su capacidad de inversión y estudiar la posibilidad de financiamiento de la maquinaria.

La disminución en el porcentaje de financiamiento representa una disminución en la TIR para el inversionista; esta situación se ve reflejada con mayor severidad a medida que aumenta el precio de venta del agregado reciclado.

Teniendo en cuenta que la TIR mínima aceptable supuesta en esta investigación es del 30%, se concluye que las dos alternativas analizadas son financieramente viables.

8. CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES

Para la presente investigación se plantearon tres objetivos principales: realizar un aporte al desarrollo sostenible de la sociedad, proponer medidas para potenciar la actividad del reciclaje en el sector de la construcción y aportar una herramienta que permita a los posibles inversionistas interesados en el reciclaje tomar decisiones con respecto a las diferentes alternativas de inversión.

Con referencia al desarrollo sostenible de la sociedad, se establecen las siguientes conclusiones:

- El aumento de la actividad de reciclado en las obras de construcción se refleja principalmente en la disminución de residuos enviados a centros de disposición final como rellenos sanitarios y botaderos clandestinos. Esta disminución proporciona grandes ventajas para la preservación del medio ambiente y se refleja en una mejor calidad de vida para las poblaciones involucradas.
- El uso de agregados reciclados aporta a la disminución de la explotación de agregado natural o virgen, el cual es un recurso no renovable que tenderá a extinguirse con el tiempo.
- El reciclaje en obra aporta a reducir la participación de los transportadores en el ciclo de reciclaje de residuos, este aporte implica la reducción de viajes y con ello la disminución de emisiones de CO₂. Además, la disminución de viajes aporta a mejorar las condiciones de transporte terrestre para la población.
- Se deben realizar mejoras al proceso de trituración de los escombros en las plantas de reciclado con el fin de reducir la emisión de partículas de polvo que se genera en el proceso. El proceso de trituración tanto para la generación de agregado virgen como para la producción de agregado reciclado genera una gran cantidad de partículas en el aire afectando negativamente las condiciones del medio ambiente.

Actualmente en México se adelantan acciones que intentan promover las prácticas de reciclaje en el sector de la construcción. Sobre estas acciones se recomienda:

- Establecer responsabilidades directas sobre cada uno de los actores que intervienen en el sistema, así como las penalidades respectivas por desacato a las normas y los mecanismos de control y cumplimiento.
- Adelantar acciones que involucren a los proveedores de concreto, tabique, block y otros prefabricados, con el fin de incentivar la oferta de productos a base de agregados reciclados.
- Adelantar acciones de capacitación para las empresas constructoras y demás involucrados que sirvan para mostrar las características de calidad de los agregados reciclados y sus posibles usos con el fin de incrementar la demanda.
- Ejercer presión para la inclusión de conceptos que incluyan el uso de los agregados reciclados en los catálogos de obra para las licitaciones públicas.
- Promover acciones para facilitar al constructor la disponibilidad del material en cualquier sector del país, mediante el apoyo, promoción o implementación de nuevas plantas de reciclado de residuos de construcción.

Con respecto a la evaluación financiera de las alternativas de plantas móviles presentes en esta investigación, se concluye:

- Teniendo en cuenta que la TIR mínima aceptable supuesta en esta investigación es del 30%, se concluye que las dos alternativas analizadas son financieramente viables.
- La disminución en el porcentaje de financiamiento representa una disminución en la TIR para el inversionista; esta situación se ve reflejada con mayor severidad a medida que aumenta el precio de venta del agregado reciclado.
- La alternativa 2 representa una mejor opción, sin embargo el inversionista debe evaluar su capacidad de inversión inicial y la probabilidad de participación en obras de grandes magnitudes.

- El servicio de reciclaje en sitio, es viable económicamente también para el constructor, pues se disminuyen costos por retiro de escombros y adquisición de agregados.

8.1 Conclusiones Generales

- La introducción de la nueva norma aporta un avance importante para potenciar la actividad del reciclaje, sin embargo, deben impulsarse nuevas prácticas que permitan su cumplimiento.
- La calidad de los agregados reciclados es aceptable para la fabricación de materiales prefabricados y elaboración de concretos de resistencias que cumplen con ciertas especificaciones exigidas normalmente por el proyectista. Por ende, se debe trabajar en difundir las propiedades de los agregados reciclados y sus posibles usos con el fin de que el constructor pueda valorar el uso de estos.
- Actualmente el constructor paga por el servicio de retiro de escombros y adquisición de agregados un precio superior a los 300 \$/m³; por lo cual si se ofrece a un precio inferior la transformación de los escombros en agregados reciclados que cumplen con la calidad especificada para la elaboración de sus actividades, resulta para el constructor viable económicamente.
- El desarrollo es la transformación o el cambio de estado que debe ser positivo para los elementos de un sistema y se mantiene como positivo a través del tiempo. Lo anterior lleva a concluir que el concepto de desarrollo sostenible es de por sí redundante, pues no puede llamarse desarrollo si no es sostenible.

8.2 Aspectos a estudiar

Investigar acerca de los tipos de productos que se pueden producir con agregados reciclados y establecer sus características principales frente a parámetros de calidad de demanda actual.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] NADF-007-RNAT-2013. *Clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción y demolición, en el distrito federal.*
- [2] Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. *Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición, 2013.*
- [3] Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos. *Plan nacional de desarrollo 2013-2018.*
- [4] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC); Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos.* 2012.
- [5] J. M. Moran del Pozo; A. Juan Valdes; P. J. Aguado; M. I. Guerra, C. Medina. “Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones”. *Informe de la construcción* Vol. 63, 521, 89-95. Enero – Abril 2011.
- [6] José M. Gómez, Luis Agulló, Enric Vázquez. *Cualidades Físicas y Mecánicas de los Agregados Reciclados de Concreto. Aplicación en Concretos.* España. 2011.
- [7] Sarmiento S. Julio A. *Evaluación de proyectos y presupuestos.* Abril 2000.
- [8] Granell Covarrubias, Enrique. *Concretos Reciclados. Experiencia empresarial de los RCD en México.* Memorias primer encuentro de Residuos de la Construcción y Demolición. Octubre de 2014.
- [9] Muller García, Tanya. Secretaría del Medio Ambiente. *Normatividad del Distrito Federal Aplicada al reuso y reciclaje de Residuos de la Construcción y Demolición.* Memorias primer encuentro de Residuos de la Construcción y Demolición. Octubre de 2014.
- [10] C.T.C. *Costo por Recibir Escombros, Cascajo, Material de Demolición y Excavación.* [Consulta: 15 Septiembre 2015]. Disponible en:
<http://www.retirodeescombros.com.mx/index.php/recepcion-de-escombros/costo-por-recibir-escombros-cascajo-material-de-demolicion-y-excavacion>
- [11] Secretaría de Obras y Servicios, Ciudad de México. *Rehabilitación de banquetas y guarniciones.* [Consulta: 20 Octubre 2015]. Disponible en:
<http://www.obras.df.gob.mx/rehabilitacion-de-banquetas-y-guarniciones-2/>

10. APENDICES Y ANEXOS

Anexo 1.

Cotización de retiro de residuos



Compañía:
Contacto: Mauricio Muñoz
Correo: maom920@yahoo.com
Teléfono:
Domicilio: Moctezuma N° 120 (Entre Coras y Nahuatlás), Col. Ajusco. Deleg. Coyoacán. C.P. 04300. México, D.F.

Folio
 CTC-000804

Fecha y hora de elaboración
 12/10/2015 15:26:00 p. m.

Servicio: Renta de Maquinaria y Retiro de Residuos de la Construcción.

Cantidad	Unidad	Descripción	Importe Unit	IVA	Importe Total
1	Día	Renta de máquina retroexcavadora por 8 horas de trabajo (Incluye operador y combustible)	\$ 5,000.00	\$ 800.00	\$ 5,800.00
1	Viaje	Retiro de Residuos de la construcción en camión tipo volteo de 7m3 (Cargado con máquina)	\$ 1,345.00	\$ 215.20	\$ 1,560.20
1	Traslado	Llevar y traer máquina retroexcavadora.	\$ 2,000.00	\$ 320.00	\$ 2,320.00
1	Viaje	Retiro de Residuos de la construcción en camión tipo volteo de 7m3 (Cargado con gente)	\$ 1,645.00	\$ 263.20	\$ 1,908.20

CONDICIONES DEL SERVICIO

Una vez recibido el pago, el servicio será programado de 2 a 3 días posteriores al pago.

En caso de que la máquina requiera quedarse más de un día, es necesario contar con medidas de seguridad donde haya vigilancia y se encuentre bardeado.

Si la renta de maquinaria es por 2 días o más, el diesel lo deberá proporcionar el cliente.

Los camiones no deberán ser cargados más allá de su capacidad al ras. Si requiere de otro servicio, favor de solicitarlo.

No recibimos basura, materiales peligrosos, corrosivos, reactivos, tóxicos, explosivos, inflamables, biológico infecciosos, vidrio, fibra de vidrio, plástico, unicel, llantas, impermeabilizantes, laminas de cartón, pilas, pinturas, resinas, lodos, residuos líquidos, residuos de hospitales, industrias, servicios, y todos aquellos que por sus condiciones contamine el ambiente y el suelo.

Nuestros horarios de servicio son de 8:00 a.m a 17:00 p.m. Para servicios posteriores a éste horario, el precio de nuestros servicios se incrementan en un 25%.

FORMAS DE PAGO

Efectivo

Directamente en el Centro de Transferencia sólo aceptamos pago en efectivo.

Depósito o Transferencia electrónica

El cliente debe enviar el comprobante de la transferencia al correo centrodetransferencia@aol.com para programar el servicio solicitado.

En caso de pagar con cheque, deberá de esperar un día para comprobar que haya pasado. Una vez corroborado el pago, se podrá programar el servicio.

El Depósito se tendrá que realizar a nombre de:

EDMUNDO SOSA GONZALEZ

BANAMEX

SUC. 419 CTA. 7819206

CLABE 002180041978192066

FACTURACION

En caso de contar con RFC, el cliente debe enviar por correo electrónico su información fiscal (Nombre de persona física o moral, RFC y domicilio fiscal)

"En el Centro de Transferencia recibimos residuos de la construcción con el objeto de reutilizarlos, reciclarlos o darles disposición final. Somos un lugar autorizado por la Secretaría del Medio Ambiente

**Periférico Sur No.7555 Col. San Lorenzo la Cebada, Del. Xochimilco C.P. 16035
Tel: 56 03 70 70 y 56 73 69 51 Correo: www.retirodeescombro.com.mx**

Anexo 2.

Cotização de equipo para trituração



9
contato@vegedry.com.br
Fone/fax: (43) 3256 -2840

Conjunto Q400 produz 4-5m³/h em duas frações.

Composto por um ALIMENTADOR 500 x 3400 com base móvel, um TRANSPORTADOR DE CORREIA 500 x 4, um QUEIXADA 400 P e mais dois TRANSPORTADORES 400 x 6, forma um conjunto com capacidade de produzir de 4-5 m³/h de material processado. Devido às suas características, permite diversas formas de layouts, sem a necessidade de estrutura como bases, levando à melhor adequação ao espaço disponível. Idealizado para ser abastecido por pá mecânica ou concha de escavadeira, pode ser montado em terreno plano, bem como inclinado, permite uma seleção manual na descarga do ALIMENTADOR 500 x 3400 para a retirada no fluxo, de materiais estranhos como madeira, plástico, metais, borracha, vidro etc., torna se equipamento indispensável na reciclagem de quebras na indústria de artefatos de cimento, usinas de concreto e em demolições.

Imagem meramente ilustrativa



Preço FOB Rolândia/PR -

R\$ 122.340,00.

Com painel de comando R\$ 126.340,00.

Condições de Pagamento:

- Antecipado **5%** de desconto.
- 40% no pedido, 30% na confirmação de embarque, saldo de 30% com trinta dias.
- FINAME, cartão BNDES, Leasing e CDC.

Código Fiscal 8465.99.00 / Código Finame – ver itens avulsos

Garantia de 6 Meses

Rodovia PR-170, km75, 5, CEP 86600-000 ROLÂNDIA-PR, www.vegedry.com.br Validade desta tabela a partir de 01/04/2015.

Conjunto Q400 produz 4-5m³/h em três frações.

Composto por um ALIMENTADOR 500 x 3400 com base móvel, um TRANSPORTADOR DE CORREIA 500 x 4, um QUEIXADA 400 P e mais três TRANSPORTADORES 400 x 6, forma um conjunto com capacidade de produzir de 4-5 m³/h de material processado. Devido às suas características, permite diversas formas de layouts, sem a necessidade de estrutura como bases, levando à melhor adequação ao espaço disponível. Idealizado para ser abastecido por pá mecânica ou concha de escavadeira, pode ser montado em terreno plano, bem como inclinado, permite uma seleção manual na descarga do ALIMENTADOR 500 x 3400 para a retirada no fluxo, de materiais estranhos como madeira, plástico, metais, borracha, vidro etc., torna se equipamento indispensável na reciclagem de quebras na indústria de artefatos de cimento, usinas de concreto e em demolições.

Imagem meramente ilustrativa



Preço FOB Rolândia/PR -

R\$ 129.500,00.

Com painel de comando R\$ 133.500,00.

Condições de Pagamento

- Antecipado **5%** de desconto.
- 40% no pedido, 30% na confirmação de embarque, saldo de 30% com trinta dias.
- FINAME, cartão BNDES, Leasing e CDC.

Código Fiscal 8465.99.00 / Código Finame – ver itens avulsos

Garantia de 6 Meses

Rodovia PR-170, km75, 5, CEP 86600-000 ROLÂNDIA-PR, www.vegedry.com.br

Validade desta tabela a partir de 01/04/2015.

Apéndice 1.

Cálculo de costo transporte de escombros

Máquina	Costo Horario	Capacidad (m3)
Camión de volteo Mercedes Benz LK-1417/34	516,43	6
Cargador sobre neumáticos Caterpillar 446B	540,14	1,34

a) Primer Kilometro

- Costo Cargador

Tiempo de ciclo de carga = 0.58 minutos

$$Rendimiento = 1.34 \frac{m^3}{ciclo} * \frac{1 ciclo}{0.58min} * \frac{60 min}{1 hora} = 138.6m^3/hora$$

$$Costo = \frac{540.14}{138.6} = 3.9 \$/m^3$$

- Costo camión:

$$Tiempo Carga: \frac{6m^3}{1.34m^3} * 0.58 min = 2.6 min$$

Tiempo de maniobra: 2 minutos

Trayecto 1Km Ida + Vuelta = 5 minutos

Tiempo total = 9.6 minutos

$$Rendimiento = \frac{6m^3}{9.6 min} * \frac{60 min}{1 hora} * 0.75 = 28.125 m^3/h$$

$$Costo = \frac{516.43}{28.125} = 18.35 \$/m^3$$

b) Kilómetros subsecuentes:

Solo Camión:

$$Rendimiento = \frac{6m^3 * 0.75}{5min} = 54m^3/h$$

$$Costo = \frac{516.43}{54} = 9.56 \$/m^3 Km$$

$$Costo Total = 22.25 \frac{\$}{m^3} + 9.56 \frac{\$}{m^3 Km}$$

Costo por metro Cubico para 20 Km = 213.45

Apéndice 2.

ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA-MAQUINA

DATOS GENERALES			
CODIGO:	EQTRAXC		
MAQUINA:	Cargador sobre neumaticos compacto Bobcat BC753		
MODELO:	Capacidad de cucharon 5 ft3		
CAPACIDAD:	43 hp y 2.000 ton de peso operación		
PRECIO DE ADQUISICION:	\$449.390,23	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:	10
PRECIO JUEGO LLANTAS:	\$6.842,39	HORAS POR AÑO (Hea): Hrs	1.600
EQUIPO ADICIONAL:		VIDA ECONOMICA (Ve): (Hrs)	16.000
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS: Vn (Hrs)	2.000	POTENCIA NOMINAL HP	43
PRECIO PZAS ESPECIALES. (Pe):	\$00.00	COSTO COMBUSTIBLE(Pc): DIESEL LTS.	\$14,20
VIDA ECONOMICA PZAS ESPEC.(Va):	HRS.	Gh = Cantidad combustible l/h	6,62
VALOR DE LA MAQUINA (Vm):	\$442.547,84	COSTO LUBRICANTE(Pa): ACEITE / LTS.	58,01
VALOR DE RESCATE (Vr): 20%	\$88.509,57	FACTOR DE OPERACION (Fo):	85,00%
TASA DE INTERES (i): 12%		POTENCIA DE OPERACION (PoP):	
	0,12	HP	36,55
PRIMA DE SEGUROS (s): 4%	0,04	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko):	0,6
SALARIO POR OPERACION(So):	\$94,79	COEFICIENTE COMBUSTIBLE(Fc):	0,1514
SALARIO REAL DEL OPERADOR(Sr):	606,68	COEFICIENTE LUBRICANTE(Fa):	0,0033
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (Ht):	6,4	Ah= Cantidad de aceite l/hr	0,2318
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE(Ca):	200	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr):	1
			ACTIVA
CARGOS FIJOS			
a).- DEPRECIACION.....D = (Vm-Vr)/Ve =			\$22,13
b).- INVERSION.....Im = (Vm+Vr) * i/2Hea =			\$19,91
c).- SEGUROS.....Sm = (Vm+Vr) * S/2Hea =			\$6,64
d).- MANTENIMIENTO....M = Ko * D =			\$13,28
SUMA CARGOS FIJOS			\$61,96
CONSUMOS			
a).- COMBUSTIBLE.....DIESEL Co = Fc * Po * Pc =			\$94,00
b).- OTRAS FUENTES DE ENERGIA:..... = 0 * 0 =			\$0,00
c).- LUBRICANTE:.....Lb = [(Fa * Po) + CC/Ca] * Pa =			\$13,45
d).- LLANTAS:.....N = Pn/Vn =			\$3,42
e).- PIEZAS ESPECIALES:.....Ae = Pe/Va = \$0.00 / 0 =			\$0,00
SUMA DE CONSUMOS:			\$110,87
OPERACIÓN			
SALARIO TURNO (Sr)	\$606,68		
HORAS TURNO Ht = t * Fr = 8.00 * 1.0 = 8.00			6,40
OPERACION Po = Sr / (Ht) =			\$94,79
SUMA DE OPERACION POR HORA			\$94,79
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA			\$267,62
			\$ 247,71

Apéndice 3.

Flujo 1.1.

Inversión en una planta pequeña móvil de agregados para Concreto											
Alternativa 1											
Escenario 1: Precio de venta ajustado a TIR equivalente a la inflación											
DATOS BÁSICOS											
Inversión	\$993,674										
Financiación	70%										
Costos anuales	\$1,109,198										
Incremento anual de costo	0.00%										
Vida del proyecto (años)	10										
Valor de rescate	20.00%										
Impuestos	35.00%										
PTU	10.00%										
Precio Venta Producto	\$250.24										
A). VOLUMEN DE RCD											
		AÑOS									
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclado		5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12	1,312,816.12
Valor de rescate											\$198,735
Total 1	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,312,816	\$1,511,551
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
TOTAL 2	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
TOTAL 3	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 147,463	\$ 151,422	\$ 155,738	\$ 160,443	\$ 165,571	\$ 171,160	\$ 177,252	\$ 183,893	\$ 191,131	\$ 397,756	
Impuestos	\$ 51,612	\$ 52,998	\$ 54,508	\$ 56,155	\$ 57,950	\$ 59,906	\$ 62,038	\$ 64,363	\$ 66,896	\$ 139,215	
PTU	\$ 14,746	\$ 15,142	\$ 15,574	\$ 16,044	\$ 16,557	\$ 17,116	\$ 17,725	\$ 18,389	\$ 19,113	\$ 39,776	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 81,104	\$ 83,282	\$ 85,656	\$ 88,243	\$ 91,064	\$ 94,138	\$ 97,489	\$ 101,141	\$ 105,122	\$ 218,766	

Flujo 1.2.

Alternativa 1											
DATOS BÁSICOS											
Inversión	\$993,674										
Financiación	70%										
Costos anuales	\$1,109,198										
Incremento anual de costo	0.00%										
Vida del proyecto (años)	10										
Valor de rescate	20.00%										
Impuestos	35.00%										
PTU	10.00%										
Precio Venta Producto	\$260.00										
A). VOLUMEN DE RCD											
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclado		5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80	1,364,019.80
Valor de rescate											\$198,735
Total 1	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,364,020	\$1,562,755
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
TOTAL 2	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
TOTAL 3	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 198,666	\$ 202,626	\$ 206,942	\$ 211,646	\$ 216,774	\$ 222,364	\$ 228,456	\$ 235,097	\$ 242,335	\$ 448,960	
Impuestos	\$ 69,533	\$ 70,919	\$ 72,430	\$ 74,076	\$ 75,871	\$ 77,827	\$ 79,960	\$ 82,284	\$ 84,817	\$ 157,136	
PTU	\$ 19,867	\$ 20,263	\$ 20,694	\$ 21,165	\$ 21,677	\$ 22,236	\$ 22,846	\$ 23,510	\$ 24,234	\$ 44,896	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 109,266	\$ 111,444	\$ 113,818	\$ 116,405	\$ 119,226	\$ 122,300	\$ 125,651	\$ 129,303	\$ 133,284	\$ 246,928	

Flujo 1.3.

Alternativa 1											
DATOS BÁSICOS											
Inversión	\$993,674										
Financiación	70%										
Costos anuales	\$1,109,198										
Incremento anual de costo	0.00%										
Vida del proyecto (años)	10										
Valor de rescate	20.00%										
Impuestos	35.00%										
PTU	10.00%										
Precio Venta Producto	\$270.00										
A). VOLUMEN DE RCD		AÑOS									
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclado		5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10	1,416,482.10
Valor de rescate											\$198,735
Total 1	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,416,482	\$1,615,217
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
TOTAL 2	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
TOTAL 3	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 251,129	\$ 255,088	\$ 259,404	\$ 264,109	\$ 269,236	\$ 274,826	\$ 280,918	\$ 287,559	\$ 294,797	\$ 501,422	
Impuestos	\$ 87,895	\$ 89,281	\$ 90,791	\$ 92,438	\$ 94,233	\$ 96,189	\$ 98,321	\$ 100,646	\$ 103,179	\$ 175,498	
PTU	\$ 25,113	\$ 25,509	\$ 25,940	\$ 26,411	\$ 26,924	\$ 27,483	\$ 28,092	\$ 28,756	\$ 29,480	\$ 50,142	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 138,121	\$ 140,299	\$ 142,672	\$ 145,260	\$ 148,080	\$ 151,154	\$ 154,505	\$ 158,157	\$ 162,139	\$ 275,782	

Flujo 1.4

Alternativa 1											
Escenario 1: Precio de venta ajustado a TIR equivalente a la inflación											
DATOS BÁSICOS											
Inversión	\$993,674										
Financiación	70%										
Costos anuales	\$1,109,198										
Incremento anual de costo	0.00%										
Vida del proyecto (años)	10										
Valor de rescate	20.00%										
Impuestos	35.00%										
PTU	10.00%										
Precio Venta Producto	\$280.00										
A). VOLUMEN DE RCD		AÑOS									
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclado		5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40	1,468,944.40
Valor de rescate											\$198,735
Total 1	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,468,944	\$1,667,679
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES											
	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
TOTAL 2	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
TOTAL 3	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 303,591	\$ 307,550	\$ 311,866	\$ 316,571	\$ 321,699	\$ 327,288	\$ 333,381	\$ 340,021	\$ 347,260	\$ 553,884	
Impuestos	\$ 106,257	\$ 107,643	\$ 109,153	\$ 110,800	\$ 112,595	\$ 114,551	\$ 116,683	\$ 119,007	\$ 121,541	\$ 193,859	
PTU	\$ 30,359	\$ 30,755	\$ 31,187	\$ 31,657	\$ 32,170	\$ 32,729	\$ 33,338	\$ 34,002	\$ 34,726	\$ 55,388	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 166,975	\$ 169,153	\$ 171,527	\$ 174,114	\$ 176,934	\$ 180,008	\$ 183,359	\$ 187,012	\$ 190,993	\$ 304,636	

Flujo 1.5

Alternativa 1											
DATOS BÁSICOS											
Inversión	\$993,674										
Financiación	70%										
Costos anuales	\$1,109,198										
Incremento anual de costo	0.00%										
Vida del proyecto (años)	10										
Valor de rescate	20.00%										
Impuestos	35.00%										
PTU	10.00%										
Precio Venta Producto	\$290.00										
A). VOLUMEN DE RCD											
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclado		5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23	5,246.23
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70	1,521,406.70
Valor de rescate											\$198,735
Total 1	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,521,407	\$1,720,141
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
TOTAL 2	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198	\$1,109,198
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
TOTAL 3	\$ 56,156	\$ 52,196	\$ 47,880	\$ 43,175	\$ 38,048	\$ 32,458	\$ 26,366	\$ 19,725	\$ 12,487	\$ 4,597	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 356,053	\$ 360,013	\$ 364,329	\$ 369,033	\$ 374,161	\$ 379,750	\$ 385,843	\$ 392,484	\$ 399,722	\$ 606,346	
Impuestos	\$ 124,619	\$ 126,004	\$ 127,515	\$ 129,162	\$ 130,956	\$ 132,913	\$ 135,045	\$ 137,369	\$ 139,903	\$ 212,221	
PTU	\$ 35,605	\$ 36,001	\$ 36,433	\$ 36,903	\$ 37,416	\$ 37,975	\$ 38,584	\$ 39,248	\$ 39,972	\$ 60,635	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 195,829	\$ 198,007	\$ 200,381	\$ 202,968	\$ 205,789	\$ 208,863	\$ 212,214	\$ 215,866	\$ 219,847	\$ 333,491	

Flujo 2.1

Alternativa 2											
DATOS BÁSICOS											
Inversión		\$3,297,705									
Financiación		70%									
Costos anuales		\$2,391,592									
Incremento anual de costo		0.00%									
Vida del proyecto (años)		10									
Valor de rescate		20.00%									
Impuestos		35.00%									
PTU		10.00%									
Precio Venta Producto		\$130.00									
A). VOLUMEN DE RCD											
		AÑOS									
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclados		40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en a:	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33
Valor de rescate											\$659,541
Total 1	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,894,971
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES											
	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592
TOTAL 2	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 186,363	\$ 173,223	\$ 158,899	\$ 143,286	\$ 126,269	\$ 107,719	\$ 87,500	\$ 65,462	\$ 41,440	\$ 15,256	
TOTAL 3	\$ 186,363	\$ 173,223	\$ 158,899	\$ 143,286	\$ 126,269	\$ 107,719	\$ 87,500	\$ 65,462	\$ 41,440	\$ 15,256	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 2,657,475	\$ 2,670,616	\$ 2,684,939	\$ 2,700,552	\$ 2,717,570	\$ 2,736,119	\$ 2,756,338	\$ 2,778,376	\$ 2,802,398	\$ 3,488,123	
Impuestos	\$ 930,116	\$ 934,716	\$ 939,729	\$ 945,193	\$ 951,149	\$ 957,642	\$ 964,718	\$ 972,432	\$ 980,839	\$ 1,220,843	
PTU	\$ 265,747	\$ 267,062	\$ 268,494	\$ 270,055	\$ 271,757	\$ 273,612	\$ 275,634	\$ 277,838	\$ 280,240	\$ 348,812	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 1,461,611	\$ 1,468,839	\$ 1,476,717	\$ 1,485,304	\$ 1,494,663	\$ 1,504,865	\$ 1,515,986	\$ 1,528,107	\$ 1,541,319	\$ 1,918,468	

Flujo 2.2.

Alternativa 1											
Escenario 1: Precio de venta ajustado a TIR equivalente a la inflación											
DATOS BÁSICOS											
Inversión	\$3,297,705										
Financiación	50%										
Costos anuales	\$2,391,592										
Incremento anual de costo	0.00%										
Vida del proyecto (años)	10										
Valor de rescate	20.00%										
Impuestos	35.00%										
PTU	10.00%										
Precio Venta Producto	\$130.00										
A). VOLUMEN DE RCD											
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclados		40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en a:	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	
Valor de rescate										\$659,541	
Total 1	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,894,971	
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	
TOTAL 2	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 133,117	\$ 123,730	\$ 113,499	\$ 102,347	\$ 90,192	\$ 76,942	\$ 62,500	\$ 46,759	\$ 29,600	\$ 10,897	
TOTAL 3	\$ 133,117	\$ 123,730	\$ 113,499	\$ 102,347	\$ 90,192	\$ 76,942	\$ 62,500	\$ 46,759	\$ 29,600	\$ 10,897	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 2,710,722	\$ 2,720,108	\$ 2,730,339	\$ 2,741,491	\$ 2,753,646	\$ 2,766,896	\$ 2,781,338	\$ 2,797,080	\$ 2,814,238	\$ 3,492,482	
Impuestos	\$ 948,753	\$ 952,038	\$ 955,619	\$ 959,522	\$ 963,776	\$ 968,414	\$ 973,468	\$ 978,978	\$ 984,983	\$ 1,222,369	
PTU	\$ 271,072	\$ 272,011	\$ 273,034	\$ 274,149	\$ 275,365	\$ 276,690	\$ 278,134	\$ 279,708	\$ 281,424	\$ 349,248	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 1,490,897	\$ 1,496,059	\$ 1,501,686	\$ 1,507,820	\$ 1,514,506	\$ 1,521,793	\$ 1,529,736	\$ 1,538,394	\$ 1,547,831	\$ 1,920,865	

Flujo 2.3.

Alternativa 1											
Escenario 1: Precio de venta ajustado a TIR equivalente a la inflación											
DATOS BÁSICOS											
Inversión		\$3,297,705									
Financiación		30%									
Costos anuales		\$2,391,592									
Incremento anual de costo		0.00%									
Vida del proyecto (años)		10									
Valor de rescate		20.00%									
Impuestos		35.00%									
PTU		10.00%									
Precio Venta Producto		\$130.00									
A). VOLUMEN DE RCD											
	0	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción anual de agregados reciclados		40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54	40,272.54
1. INGRESOS											
Transformación en obra de residuos en a:	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33	5,235,430.33
Valor de rescate											\$659,541
Total 1	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,235,430	\$5,894,971
2. COSTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS											
2.2. COSTOS ANUALES											
	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592
TOTAL 2	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592	\$2,391,592
3. GASTOS DE FINANCIAMIENTO											
Intereses del crédito	\$ 79,870	\$ 74,238	\$ 68,100	\$ 61,408	\$ 54,115	\$ 46,165	\$ 37,500	\$ 28,055	\$ 17,760	\$ 6,538	
TOTAL 3	\$ 79,870	\$ 74,238	\$ 68,100	\$ 61,408	\$ 54,115	\$ 46,165	\$ 37,500	\$ 28,055	\$ 17,760	\$ 6,538	
Utilidad Antes de Impuestos	\$ 2,763,968	\$ 2,769,600	\$ 2,775,739	\$ 2,782,430	\$ 2,789,723	\$ 2,797,673	\$ 2,806,338	\$ 2,815,783	\$ 2,826,078	\$ 3,496,841	
Impuestos	\$ 967,389	\$ 969,360	\$ 971,509	\$ 973,850	\$ 976,403	\$ 979,186	\$ 982,218	\$ 985,524	\$ 989,127	\$ 1,223,894	
PTU	\$ 276,397	\$ 276,960	\$ 277,574	\$ 278,243	\$ 278,972	\$ 279,767	\$ 280,634	\$ 281,578	\$ 282,608	\$ 349,684	
Utilidad Después de Impuestos	\$ 1,520,183	\$ 1,523,280	\$ 1,526,656	\$ 1,530,336	\$ 1,534,348	\$ 1,538,720	\$ 1,543,486	\$ 1,548,681	\$ 1,554,343	\$ 1,923,263	

