

Maestría de Gerencia de la Ciencia y la Innovación Tecnológica

Título

*GESTION DE LA CIENCIA Y TECNOLOGIA
PARA EL RECICLADO DE LOS DESECHOS
SÓLIDOS EN LA CONSTRUCCIÓN*

*Tesis presentada en opción al título académico de Master
en Ciencias*

Autor: Ing. Eulalio A. Toscano Machado

Tutora: Dra. Elena Rosa Domínguez

Co-tutor: Dr. Ing. Raúl González López

Centro de trabajo:

EMPROY Villa Clara

Diciembre 2008

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi Padre celestial y a Jesucristo que me han enseñado a luchar hasta el último momento para cumplir mis metas, no sólo académicas, sino de realización personal.

A mi querida esposa Zandy Mesa Delgado por su incondicional apoyo y soportar todo este tiempo de ardua labor en la preparación de la tesis.

A mis hijas Elisabet, Helen y a mis suegros por la ayuda incondicional en el cuidado de ellas, para culminar este trabajo.

A mi estimado tutora, Dra. Elena Rosa Domínguez por su paciencia, por su disponibilidad aún con los problemas que implica tutelar una tesis, así como por sus enseñanzas y sugerencias recibidas.

Al Dr. Raúl González López por su insistencia y constante apoyo en este trabajo

Al Dr. Idalbeto Mendoza Díaz por la inspiración sobre el tema de tesis y los valiosos comentarios recibidos.

A cada uno de los profesores de la maestría que gracias a ellos pude aplicar lo recibido.

A mis amigas Idania Gallardo Ledón, Ofelia Caballero y demás compañeros de trabajo por su ayuda en la confección de la tesis, así como por sus consejos y apoyo incondicional.

A Elvis Toledo por su incondicional ayuda en la impresión de la tesis.

A mi familia en general por sus interminables ánimos, sus comentarios y el recuerdo constante de las razones que nos unen como familia.

... y a todos los que de una u otra manera me alentaron para continuar con esta larga y solitaria travesía de escribir una tesis.

“En el mundo hay muchos hombres ignorantes, pero hay cosas que no se pueden ignorar”

Albert Einsten

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
Capítulo I Estado del arte del reciclaje de desechos de la construcción	5
1. Generalidades	5
1.1 Caracterización de los desechos de la construcción	7
1.1.1 Clasificación y Composición	7
1.1.2 Volúmenes y Cantidades de residuos de la Construcción	10
1.2 Formas de evacuar los Materiales de Demolición y Construcción	11
1.3 Reciclaje de materiales pétreos	16
1.3.1 Características de la materia prima	16
1.3.2 Plantas de Reciclaje de materiales pétreos	18
1.3.2.1 Las Plantas estacionarias de reciclaje	20
1.3.2.2 Plantas Móviles de reciclaje	21
1.3.3 Aplicaciones potenciales para los RCD	23
1.3.3.1 Como materia prima para la producción de clinker de cemento y áridos en la producción de hormigón	24
1.3.4 Propiedades de los áridos reciclados	24
1.4 Conclusiones parciales	25
CAPITULO II: Caracterización del sector constructivo en la región central	27
2. Introducción	27
2.1 Estructura del MICONs en la provincia de Villa Clara	27
2.1.1 Empresas subordinadas al Grupo Empresarial de la Construcción VC	27
2.1.2 Empresas de subordinación nacional	28
2.2 Entidades generadoras de los RCD en el proceso de fabricación de elementos y/o productos para la construcción	29
2.2.1 Resultados obtenidos del diagnóstico ambiental	29
2.3 Entidades generadoras de los RCD en los procesos de intervenciones y/o reparación de obras viejas así como la construcción de nuevas obras	44
2.3.1 Resultados obtenidos del diagnóstico ambiental	45
2.4 Tecnologías disponibles	49
2.5 Localización de los principales vertederos de material de desechos de la construcción de la ciudad de Santa Clara	49
2.6 Conclusiones parciales	50
CAPITULO III. Modelos de Gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD)	52
3. Introducción	52
3.1 Gestión actual en la región central	52
3.1.1 Situación de los RCD del , MICONs en el territorio	53
3.2 Instrumentos para una adecuada gestión de RCD	53
3.2.1 Medidas Instrumentales	53
3.3 Modelo de Gestión de RCD	54
3.3.1 Modelo de Gestión de RCD	55
3.3.2 Definición de competencias	56
3.3.3 Instrumentos económicos	57
3.3.4 Reducción de la eliminación de RCD	57
3.3.5 Flujo general de gestión de los RCD	57

3.4 Infraestructuras necesarias para la gestión de RCD	57
3.4.1 Características básicas	57
3.4.2 Estación de transferencia de RCD	58
3.4.3 Planta de reciclaje	58
3.4.4 Planta de clasificación	58
3.4.5 Planta de machaqueo	59
3.4.6 Depósito controlado	59
3.5 Localización	59
3.5.1 Análisis territorial para la idoneidad ambiental de emplazamientos	59
3.6 Organización y control de los sistemas de reciclaje	60
3.6.1 Factores a tener en cuenta en la implementación del Reciclaje	61
3.6.2 Protección del medio ambiente teniendo en cuenta los RCD	63
3.6.3 Consideraciones medioambientales	65
3.7 Limitaciones en la gestión de los RCD	66
3.8 Programas de I+D+I a implementar en las entidades y a través del Programa de Agenda 21 para reducir los RCD	69
3.9 Estudios de casos	69
3.10 Conclusiones parciales	76
Conclusiones	78
Recomendaciones	80
Bibliografía	

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es un análisis sobre la problemática actual en cuanto a la generación y gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados en el sector de la construcción en Villa Clara, se realiza un estudio del estado de arte de esta temática en los países desarrollados, en vías de desarrollo y en el contexto actual cubano, con el objetivo de ofrecer a las empresas del Ministerio de la Construcción en el territorio central una propuesta de Modelo de Gestión que permita implementar el reciclaje como una técnica indispensable para el desarrollo económico y minimizar el impacto negativo al medio ambiente de los RCD, teniendo como base la incorporación de los elementos de investigación y desarrollo.

Dicho análisis se ha realizado atendiendo a diversos enfoques teóricos que consideran los cambios sociales, educativos, políticos y económicos como elementos clave para comprender el fenómeno de los RCD como un problema de dimensión global.

Se realiza una caracterización del sector de la construcción atendiendo a las actividades que realizan, y se cuantifican las cantidades de RCD generados, además se identifican los vertederos de Santa Clara destinados al vertido de RCD y se cuantifican las cantidades existentes en los mismos.

Se presta una atención especial al uso de principios, gravámenes y tarifas relacionados con los residuos que han comenzado a aplicarse en algunos de los países más desarrollados, para incentivar el uso de las técnicas de reciclaje, pero simultáneamente se resalta la importancia que debe tener las municipalidades en cuanto a la educación y concienciación ambiental de la sociedad para contrarrestar las nuevas necesidades de consumo con la excesiva generación de residuos. Se explica la importancia de crear las infraestructuras adecuadas para el tratamiento de estos RCD, con la creación de Unidades Técnicas de Gestión en la provincia de Villa Clara, y se realiza un estudio de caso para demostrar el aporte económico y la factibilidad de adquirir una planta de reciclar, para el tratamiento de estos residuos.

INTRODUCCION:

Con la aparición de la agricultura y la ganadería, el hombre no tuvo necesidad de desplazarse para conseguir alimentos, rápidamente se crearon poblaciones que comenzaron a crecer y a multiplicarse, produciéndose una mayor acumulación de desechos. En un principio los productos elaborados con materias primas como el cuero, madera, algodón y aún el hierro eran fácilmente asimilados por la propia naturaleza. Con el tiempo, el desarrollo industrial, la política consumista de las sociedades, el incremento en cantidad y magnitud de los fenómenos naturales y conflictos bélicos, así como del poder destructivo de los armamentos empleados en los mismos, propiciaron que la cantidad y variedad de residuos crecieran de forma alarmante, no pudiendo ser asimilados, sin peligros, por la naturaleza. La contaminación del aire, las aguas y los suelos con estos desechos ha provocado un impacto significativo en el medio ambiente, en la salud humana y en muchos casos, en las economías. La quema y tala de bosques, la proporción en que aumenta el número de especies en extinción, el envenenamiento del aire y las aguas, el calentamiento global provocando el fenómeno de invernadero, así como el incremento de áreas contaminadas, se perfilan claramente como consecuencias del choque entre la civilización y el sistema ecológico del planeta.

Entre las actividades que se destacan como grandes generadoras de residuos y por tanto, como altas contaminantes del medio ambiente, se encuentra la Construcción Civil (aporta aproximadamente el 30 % del peso total de los residuos sólidos generados en las ciudades). Desde la etapa de explotación de una cantera, donde se extraen recursos naturales no renovables, se emplean explosivos en el proceso de producción, emitiendo polvo y ruido (factores que a su vez actúan negativamente sobre la flora, la fauna y el tiempo de vida útil de las edificaciones en los alrededores de la cantera), hasta la demolición de una calle o una modesta casa, se agrede al medio ambiente de distintas formas. La deposición de los residuos de la construcción dentro de las propias ciudades o en los vertederos, traen consigo inconvenientes como: disminución del caudal de los ríos, deterioro de la estética urbana, la ocupación de extensas áreas de tierras productivas, el propiciamiento al desarrollo de vectores y el gasto de recursos a entidades estatales.

Son varias las soluciones aplicadas para resolver el problema de los residuos de la construcción, pero sin dudas, el reciclaje es la variante que mayores beneficios ha reportado, pudiendo solucionar, a la misma vez, el problema de la eliminación del residuo y el de la protección de recursos no renovables. Uno de los inconvenientes con que choca esta técnica, para el caso particular de los componentes pétreos, es el poco hábito entre los ingenieros en el uso de áridos reciclados. Esto los hace aparentemente poco competitivos con respecto a los áridos tradicionales. Es importante, entonces, garantizar, no sólo la obtención de propiedades adecuadas en los productos, sino también un precio de adquisición competitivo. Para lograrlo es imprescindible la elección adecuada del tipo de planta, así como sus equipos y productividad a desarrollar.

Desde antes de la Cumbre de la Tierra, el Estado Cubano viene pronunciándose a favor de la protección del entorno. Ya en 1997 se hizo vigente la Ley N.º 81 “Ley del Medio Ambiente” [38] y más recientemente y relacionado directamente con el tema del reciclaje, en la Resolución Económica al V Congreso del Partido Comunista de Cuba [60] se ha planteado que...” la recuperación y reciclaje de materias primas, deben convertirse en norma de conducta de los organismos, empresas y ciudadanía en general, pues sólo así se podría hacer realidad el principio del desarrollo sustentable”..., destacándose la estricta observancia de la legislación y demás regulaciones relacionadas con la protección al medio ambiente.

Según Resolución 117/2002 del Ministerio de la Construcción [61], previo acuerdo con el CITMA donde se decide nombrar un Coordinador ambiental en las Delegaciones de cada territorio, con el objetivo de atender directamente esta actividad..

En la actualidad se requiere de un diagnóstico ambiental para identificar soluciones a corto, mediano y largo plazo que minimicen el impacto negativo generado al medio por los siguientes problemas:

- ❖ Elevada generación de desechos sólidos durante la realización de procesos Industriales en diversas industrias.
- ❖ Alta generación de desechos sólidos debido a intervenciones y reconstrucciones.

Consecuentemente con lo antes expuesto y considerando las grandes cantidades de desechos de la construcción, así como la escasa información científica sobre el tema de las plantas para el reciclaje de escombros y en estrecha coordinación con el Dpto. de Desarrollo Tecnológico del MICONS y la Dirección del GECONS VC se comienza a desarrollar una línea de investigación dirigida al reciclaje de los desechos generados en los procesos industriales en las entidades, así como en la construcción en general.

A continuación se mencionan algunos proyectos en los cuales se aprecia asimilación de elementos que corroboran lo anterior.

- Proyecto “Modificación de Asfalto con Hule” .
- Mejoramiento de planta de asfalto con la instalación de vías húmedas.
- Mejoras tecnológicas a planta productora de hormigón premezclado
- Instalación de plantas modernas para producir bloques y baldosa de granito.
- Adquisición de Tecnología Ultra Span para fabricar losa hueca.
- Adquisición de plantas modernas para producir hormigón asfáltico en caliente
- Adquisición de máquinas frezadoras de pavimento.
- Adquisición de máquinas recicladoras en frío para viales

Si bien ya se han dado importantes pasos en este sentido la gestión de la Ciencia y la tecnología para afrontar la problemática de los desechos sólidos es aún insuficiente por lo que se propone en este trabajo el siguiente problema científico.

Problema Científico:

No existe una gestión adecuada de la Ciencia y la Tecnología para enfrentar la problemática de la gestión de desechos sólidos generados en la construcción que afectan fuertemente el medio ambiente y la economía del sector.

Hipótesis:

Es posible, a partir de la Gestión de la Ciencia y la Tecnología establecer un Modelo de Gestión que permita el reciclaje de los desechos sólidos de la construcción para su incorporación al proceso productivo, capaz de garantizar un producto competitivo con los áridos tradicionales.

Para corroborar la hipótesis se plantea como objetivo general:

Objetivo General:

Estructurar de acuerdo a la Gestión de la Ciencia y la Tecnología un adecuado Modelo de Gestión para el reciclado de los desechos sólidos generados en el sector constructivo capaz de lograr incrementar el impacto económico y ambiental en el medio y patrimonio construido.

Objetivos específicos:

- 1- Realizar estudio del arte de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).
- 2- Diagnóstico de la situación de la generación de residuos de las actividades de la construcción.
- 3- Realizar un diagnóstico de la Gestión de la Ciencia y la Tecnología en el sector para enfrentar la problemática y tratamiento de residuos constructivos.
- 4- Propuesta de un Modelo de Gestión que permitan la revalorización de estos desechos sólidos teniendo en cuenta la Ciencia y la Tecnología.
- 5- Validación del Modelo de Gestión planteado mediante estudios de casos.

CAPÍTULO I: Estado del arte del reciclaje de desechos de la construcción

1. Generalidades

El continuo aumento de la población a lo largo de la historia de la humanidad ha sido sostenido por el desarrollo de actividades productivas cuya realidad siempre se tradujo en la explotación de los recursos del planeta, renovables y no renovables. A causa de ello las últimas décadas han encontrado al mundo en situación de preservar y proteger el medio ambiente de un inminente desequilibrio ecológico. Por otra parte, la gran demanda de recursos básicos para determinadas industrias ha llevado a la escasez de materias primas. Bajo estas problemáticas se han impulsado técnicas y tecnologías de reciclaje, que han sido el resultado de años de investigación. [67]

Uno de los cambios tecnológicos más importantes de la actualidad es limitar y utilizar la gran cantidad de residuos industriales y de construcción que son consecuencia del desarrollo de la sociedad moderna, lo cual se ha convertido en un serio problema social, económico y ambiental [52,30]

En todo el mundo, la industria de la construcción es una de las mayores consumidora de recursos naturales tales como: áridos que son utilizados en la confección de hormigones y el cemento, en lo cual coincidimos. Anualmente se producen cerca de 11 billones de toneladas de hormigón, empleando para ello alrededor de 8 billones de toneladas de áridos naturales. Paralelamente, se generan grandes cantidades de desechos, tanto en los procesos constructivos como a partir de obras de demolición y restauración de estructuras y edificios. De esta situación se deriva, el alto consumo de materias primas, los intereses económicos, y las problemáticas resultantes de los severos impactos generados por la acumulación de esos desechos, que obligan a la búsqueda de usos alternativos en este campo. [67]

Desde siempre las ruinas de las civilizaciones anteriores ha servido de gran cantera suministradora de materia prima para los nuevos ocupantes [2], los desechos de la construcción vienen utilizándose en las obras de ingenierías desde la Roma antigua y que existan localidades como Londres, Berlín y Varsovia, ejemplos de ciudades reconstruidas con los escombros de la Segunda Guerra Mundial [9]. No fue hasta finales de los años 70 del siglo XX que se comenzó a hablar de un tratamiento

seguro y eficiente de los residuos de la construcción, proponiéndose en 1977, en Japón, la primera norma para la utilización de agregados reciclados de hormigón. En la década de los 80 entraron en vigor normas y recomendaciones al respecto en otros países como Dinamarca, Rusia y Alemania, y posteriormente en Francia, España, Bélgica, Noruega y China [59]. La reutilización y el reciclaje de los residuos de la construcción a lo largo del ciclo de vida de los edificios y las infraestructuras es una de las estrategias para alcanzar la sostenibilidad en este sector. Y para ello el concepto de “residuo” debería tender a desaparecer y dar paso a la consideración de este flujo de materiales como un “recurso” a emplear en nuevas aplicaciones y usos.

Es imperante la necesidad de ordenar y mejorar mediante la gestión tecnológica la actual gestión y valorización de los residuos de un sector que genera alrededor de 800 m³ por persona al año y que todavía de forma mayoritaria, van a pasar a los vertederos controlados e incontrolados. Las opciones ambientales más recomendables, teniendo en cuenta los adelantos tecnológicos, basados en los estudios de investigación realizados son la reutilización y el reciclaje de estos residuos. [2]

El reciclaje de los residuos esta considerado como la tecnología más limpia y amiga de los recurso naturales, lo cual es uno de los planes de acción de los países nórdicos. [21]

La necesidad de reciclaje de los residuos de construcción no solamente concierne a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global con diferentes prioridades. Tanto países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo como Bangladesh experimentan el ahorro de recursos naturales a través de estas técnicas. También países como Kuwait sobre todo a partir de la ocupación de 1990 al 1991 se da una especial demanda al tratamiento y reciclaje de grandes cantidades de residuos de la construcción, actividad que puede estar dada por el daño sufrido en sus edificaciones producto de las guerras, terremotos u otros desastres naturales [21]

Anteriormente el reciclaje de los residuos económicamente, resultaba atractivo y solamente se le veía el lado ambientalista, en la actualidad muchos países optan por

esta vía como un recurso más a utilizar [21], lo cual está dado por razones económicas y empresariales debido a la escasez de áridos naturales en determinadas zonas y por otra, la posibilidad de emprender nuevos proyectos a los que darían lugar los materiales reciclados que cada vez tienden a ser más competitivos con los ya tradicionales. [44,40]. Según criterio del autor coincidimos con lo anterior y con la utilización de estas técnicas permiten cerrar el ciclo de vida de los materiales o ACV (Life Cycle Análisis LCA).

1.1. Caracterización de los desechos de la construcción.

1.1.1. Clasificación y composición

Una de las principales características que presentan estos materiales de residuos de la construcción y demolición (**para hacer mas factible su identificación se utilizaran las siglas RCD**) es la variedad y proporción de sus componentes, en una aproximación genérica, se pueden realizar una clasificación de los RCD de acuerdo al tipo de actividad, objeto de la obra que los genera, el año y tipo de construcción, así como el país donde se ha generado el residuo [20, 56, 1].

En la tabla 1.1 se muestra tal clasificación dada por el autor Alfonso Aguilar, incluyendo los principales componentes de los residuos en cada caso. [1]

Tabla 1.1 - *Clasificación de los RCD de acuerdo con el tipo de actividad.(España)*

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

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

La clasificación de los RCD anterior coincide con la reportada por otros autores. Ver **(Anexo I)**.

De acuerdo al criterio de algunos investigadores [1, 26, 35], la demolición es la actividad generadora que más variedad de desechos propicia.

Entre los principales residuos que se obtienen producto de las demoliciones se encuentran los ya mencionados anteriormente. Los desechos provocados por las guerras y desastres naturales suelen tener composiciones similares, pudiéndoseles incorporar otros elementos como tierras, rocas, etc. Como resulta de la propia construcción, los residuos más significativos son los suelos y rocas producto de las excavaciones, los hormigones, cerámica roja, maderas, plásticos y metales que quedan excedentes en las recorterías o como rechazos. Entre los desechos de las reparaciones o modificaciones se destacan por su cantidad, los escombros y los asfaltos, aunque también se encuentran las maderas, plásticos y metales. Las cerámicas rojas y hormigones (piezas prefabricadas) son los desechos más voluminosos generados en la producción de elementos para la construcción [4, 41, 57].

Aunque los tipos de RCD adquiridos o generados en los edificios residenciales, industriales o de servicios sean los mismos (escombros, metales, maderas, plásticos etc.), la proporción y posible grado de contaminación no lo son. La cantidad relativa de desechos pétreos en los edificios residenciales es superior, mientras que la posibilidad de obtener residuos contaminados es más probable en edificios industriales. Los principales residuos generados en las carreteras son los asfaltos y los hormigones.

Como es lógico, las diferencias existentes entre los distintos países en lo que se refiere a materiales utilizados (sobre todo en vivienda tradicional), prácticas constructivas y desarrollo tecnológico en el sector de la construcción y la demolición, constituyen factores determinantes al establecer los componentes principales de los RCD [1, 70].

El año en que fue construida la edificación define el tipo de residuo. En las edificaciones del siglo XVIII y principio del XIX predomina el uso de la madera, la mampostería y la cerámica roja, mientras que en las de finales del siglo pasado y en la actualidad, predominan el hormigón, el metal y los plásticos. [1, 71].

En la tabla 1.2 se muestran algunos de los resultados publicados en Internet por el Arq. Francisco J. Tenza [68] sobre la composición en por cientos de los RCD en la Comunidad Europea. Otro dato de referencia puede ser el trabajo presentado por el Brasileño Sergio Cirelli para defender el título de Master en Ciencias Técnicas [13]. Los valores presentados en la tabla 1.2 fueron extraídos de este último trabajo.

Tabla 1.2 Composición de RCD en países de UE.

País	1990				2000			
	Hormigón	Albañil.	Asfalto	Otros	Hormigón	Albañil.	Asfalto	Otros
Bélgica	41	40	12	7	42	39	11	8
Dinamar.	*	84	11	5	*	83	9	8
Francia	30	50	5	15	40	40	5	15
Aleman.	*	43	38	19	*	45	35	20
Irlanda	30	60	2	8	40	50	3	7
Italia	45	35	10	10	50	25	10	15
Holanda	40	36	18	6	45	32	16	7
España	20	60	*	20	20	60	*	20

Tenza (15) * Datos no reportados

En lo que se refiere a la composición de los RCD, en la tabla 1.2.1 se incluyen algunos datos que no contiene la anterior tabla relativos a los países de los que se dispone de información más fiable al respecto, indicando el por ciento en peso del total generado [1].

Tabla 1.2.1 Composición de los RCD (Por ciento en peso) en diversos países
Cirelli (13). (1) 1997; (2) 1986) ; (3) Alfonso Aguilar. [1]

Tipo de residuo	Proporción en % del peso total					
	Japón (1)	Brasil (2)	Alemania (3)	Dinamarca (3)	Holanda (3)	R. Unido (3)
Cerámica	12	29	*	*	0.6	*
Madera	19	*	13	8	2.3	1
Hormigón	17	4	34	40	44	50
Morteros	52	64	*	*	20	*
Otros	*	3	*	*	0.8	8.7
Plástico	*	*	12	*	0.3	*
Metales	*	*	*	*	1.4	0.3

*Datos no reportados

Con la presentación de estos datos se demuestra la característica de multicomposición de los RCD en distintos países del mundo, poniéndose de manifiesto el predominio de los materiales pétreos entre estos desechos.

Como se puede apreciar de los análisis anteriores, entre los materiales que componen los RCD se destacan por su cantidad relativa los escombros de hormigón y albañilerías, las cerámicas rojas, los asfaltos y otros como maderas, metales, plásticos etc. [1]. En el caso de los tres primeros, por su volumen y peso son considerados como difíciles de manipular y relativamente costosos de transportar, pero la propiedad de inertes, el equipamiento disponible, así como su valor comercial, proporcional al de los materiales vírgenes, los caracterizan como potencialmente recuperables y reciclables.

1.1.2 Volúmenes y cantidades de residuos de la construcción.

El desarrollo que ha tenido lugar en la Industria de la Construcción ha provocado un aumento en el uso de hormigón. Una causa muy importante de este incremento es

la creciente demanda de renovación y rehabilitación de edificios e infraestructuras por todo el mundo. El desarrollo urbano entre los años 70 y 80 en muchas regiones, como por ejemplo, en el Medio Este y Sudeste de Asia, fue fuerte, dando como resultado construcciones de muy baja calidad [37]. La necesidad de llevar a cabo proyectos de reparación, renovación y reconstrucción, lo que conlleva a un incremento de la producción de residuos procedentes de las demoliciones y rehabilitaciones de edificios.

En uno de los estudios realizados por el Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Escuela Politécnica de la USP, Brasil [71] se reportan los promedios de RCD generados en algunos países donde se tratan estos residuos. Los resultados de estos estudios se muestran en la tabla 1.3 y 1.3.1 (**Anexo II**). Como se puede apreciar son significativas las cantidades de RCD generados en estos países y en particular los componentes identificados como escombros de hormigón y albañilería.

En estudios que han precedido a los anteriores estos valores han aumentado considerablemente además a criterio del autor se incluyen otros países que se muestran en la tabla 1.4 (**Anexo III**).

La valorización de los RCD a partir de los estudios de investigación realizados mediante proyectos de I+D+I [6] constituye una corriente prioritaria que recibe una atención diferenciada en la mayoría de los estados miembros de la UE, así como en otros países del mundo (Argentina, Chile, México). [40]

En la tabla 1.5 (**Anexo IV**) se aprecia cual ha sido la tendencia en este sentido en la UE.

En cualquier recorrido por las principales ciudades de Cuba y sus periferias y en particular en Santa Clara, también se visualizan grandes cantidades de RCD disgregados en distintos puntos, provocando las afectaciones ambientales abordadas anteriormente. Existe un trabajo realizado con anterioridad en la ciudad de Santa Clara donde se localizan y cuantifican los principales vertederos de RCD [69], no siendo así para las principales entidades de la construcción en el territorio, donde no existe control alguno sobre ellos.

1.2. Formas de evacuar los RCD.

Para deshacerse de estos desechos el hombre ha utilizado distintos métodos, la práctica más habitual ha sido la descarga en vertederos, incineración de materiales, la utilización de residuos inertes como rellenos, pero de todos ellos el reciclaje es la única técnica capaz de minimizar las afectaciones medioambientales provocadas por sus componentes pétreos a partir de los estudio y gestiones realizadas.

Aparte de las ya conocidas repercusiones ambientales asociadas a los trabajos de construcción y demolición (producción de ruidos y vibraciones, polvo, contaminación atmosférica, interferencias en el tráfico rodado o peatonal, etc.), conviene recordar aquí otros aspectos ligados al transporte, tratamiento y / o eliminación de los RCD.

A este respecto, el transporte de RCD presenta efectos similares a los de cualquier otro transporte pesado, como la contaminación del aire por los gases de escape, la producción de ruido y vibraciones, el consumo de recursos energéticos y sus efectos derivados, etc. En esta área, la recuperación y reciclado de RCD tiene repercusiones beneficiosas en cuanto a disminuir los impactos ambientales asociados al transporte, debido básicamente a las reducciones de las cantidades de materiales a eliminar en lugares de vertido más distantes y de las cantidades de materiales vírgenes que son sustituidos por los recuperados.

En cuanto a la eliminación de los RCD, y dejando de lado los impactos de las fracciones incineradas, el vertido controlado puede causar impactos positivos siempre y cuando se realice con la finalidad de recuperar zonas degradadas o como material de cubierta en vertederos o similares.

No obstante, el vertido de RCD puede también causar impactos negativos si se realiza de forma incontrolada o en zonas de alto valor ecológico y/o económico, por no mencionar los problemas de inestabilidad geotécnica frecuentes en estos lugares de vertido.

Por otro lado, las actividades de recuperación de RCD presentan aspectos ambientales positivos y negativos. Entre los primeros cabe destacar la prolongación

de la vida útil de los espacios de vertido, los ahorros de consumo de materiales vírgenes o importados y de consumo energético asociado a la fabricación de productos a los que sustituyen, así como la preservación de espacios naturales debida a una menor necesidad de explotación de recursos minerales.

Finalmente son dignos de mención los posibles impactos sobre la salud causados por el inadecuado manejo y/o protección frente a componentes peligrosos que pueden existir en los RCD (particularmente en algunos de demolición), como el amianto. [1]

Si se entiende como vertedero a todo lugar donde se depositan los residuos, se puede afirmar que esta es la forma de evacuación más antigua y utilizada en la generalidad de los países, incluido Cuba.

Cuando se hace uso de esta alternativa, los RCD son depositados en vertederos improvisados dentro y en las periferias de las ciudades, en las márgenes de los ríos, en lugares clandestinos violando lo establecido como ocurre en algunos países como México[28] y en Cuba o en el mejor de los casos, van a parar a los vertederos oficiales. Entre los principales inconvenientes que presenta este tipo de evacuación se encuentran las siguientes:

- Disminución del caudal de los ríos
- Contribuye al deterioro del impacto visual urbano y del paisaje en general
- Ocupan extensas áreas de tierras caracterizándolas como improductivas
- Contaminación de las tierras, las aguas, así como la flora y la fauna aledañas al lugar.
- Favorece el desarrollo de insectos y roedores, con su consiguiente resultado negativo en la salud de la población.
- Pérdida de materiales recuperables como escombros, plásticos y metales.
- Afectaciones económicas y ambientales debido al empleo de distintos equipos para mover y tapar estos desechos.

En el caso de la deposición en los vertederos oficiales se limitan los inconvenientes a los tres últimos. Los vertederos controlados no asimilan desechos de materiales como escombros de hormigón y albañilería [10, 11].

Por todo ello, se puede afirmar que el uso de los vertederos para la evacuación de los RCD, fundamentalmente para los pétreos, no es la solución más adecuada para la conservación del medio ambiente atendiendo a la alta densidad y peso de los mismos. [28]

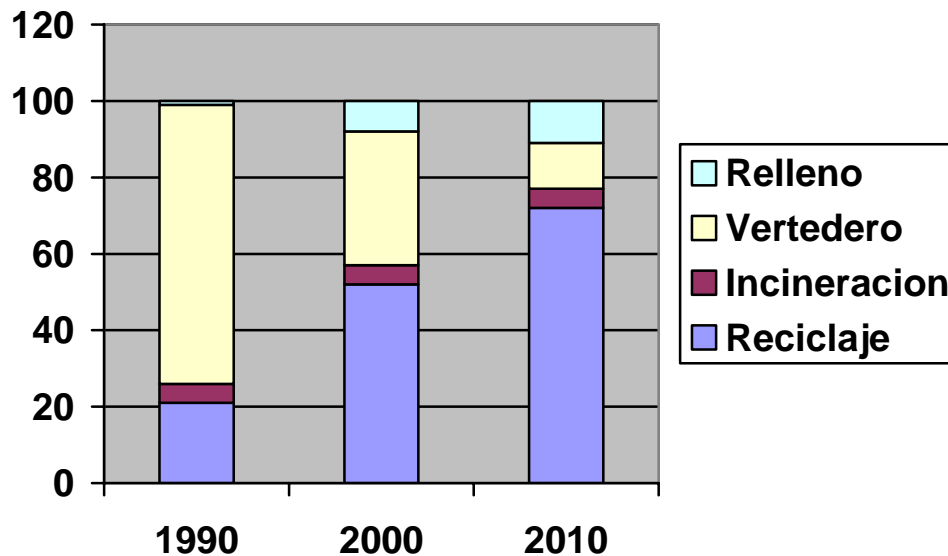
El método de incineración para obtener energía ha sido aplicado desde hace varios años a algunos componentes de los RCD como son los plásticos, maderas y sus derivados [1, 10, 11]. Esta solución, además de provocar la pérdida de material recuperable, tiene las desventajas de contaminar la atmósfera con la emisión de gases producto de la combustión y no es aplicable a los materiales pétreos, pudiéndose considerar como la más limitada y de peores resultados para el medio ambiente.

Aunque no es una alternativa para el problema de los desechos de la construcción, la utilización de RCD como relleno está limitada por la necesidad de una determinada calidad en cuanto a composición y tamaño, debiéndose en muchos casos de triturar, limpiar (reciclar) y mezclar con otros áridos previamente, perdiéndose materiales aprovechables como plásticos y metales [39].

Por tanto el reciclaje es la única técnica que se conoce en la actualidad capaz de minimizar las afectaciones al medio ambiente provocadas por los componentes pétreos de los RCD. No fue hasta finales de los 70 del siglo pasado que esta técnica cobró auge en el continente Americano, P. J. Nixon en 1978 realizó una revisión sobre el hormigón con áridos reciclados como árido para la fabricación de hormigones [36], a partir de aquí el Gobierno Federal de los EE. UU comenzó a crear leyes que regulaban la disposición de los RCD y el trabajo de los contratistas para la búsqueda de lugares de vertido se hizo cada vez más difícil [34]. Entonces los productores de materiales de la construcción comenzaron a procesar los desechos pétreos, vendiéndoselos, posteriormente, a los propios generadores como agregados para la construcción. Esta técnica es actualmente aplicada en varios países desarrollados, entre los que se destacan Alemania, Holanda, Dinamarca, Reino Unido y en otros de menor desarrollo como Brasil y BanglaDesh.

En la figura 1.1 aparecen presentados en forma grafica los tratamientos en por ciento que han tenido los RCD en países de la Comunidad Europea. En ella se puede apreciar el incremento del reciclaje, como evolución prevista para este tratamiento en los próximos años [23].

Fig. 1.1 Tratamiento de los RCD en los países de la C.E.



El auge vertiginoso del reciclaje de los escombros de hormigón y albañilería, así como de los residuos en las producciones de elementos prefabricados de hormigón y de cerámicas, se debe fundamentalmente a cuatro factores:

- La necesidad de resolver los problemas que ocasionan los RCD al medio ambiente.
- El aumento en la demanda de la producción de áridos.
- La escasez de recursos naturales para la producción de áridos en algunos países.
- La posibilidad de propiciar un menor recorrido en la transportación, garantizando con ello la disminución de los costos y de la contaminación atmosférica.

Es importante tener en cuenta que la mayoría del personal técnico prefiere los productos tradicionales con respecto a los reciclados, por lo tanto, para que estos

puedan competir, además de tener las propiedades adecuadas, deben garantizar un menor costo de adquisición, incluyendo el de la transportación.

En Cuba tradicionalmente se han depositado los RCD en vertederos oficiales y clandestinos, con los ya conocidos inconvenientes. Aunque el Estado ha venido realizando importantes inversiones en la apertura de vertederos controlados para las principales ciudades del país, estos no son aptos para el procesamiento de los componentes pétreos. En el año 1999 fue donada por España y montada en Ciudad de la Habana una Planta Estacionaria para el reciclaje de RCD capaz de procesar estos materiales. Dicha planta, debido a algunas dificultades de índole técnico-económica y por la lejanía de los posibles abastecedores de materia prima y compradores del producto final, fue apenas utilizada.

1.3. Reciclaje de materiales pétreos.

Para desarrollar un estudio adecuado sobre el reciclaje de los componentes pétreos de los escombros, debe tenerse en cuenta tres aspectos: la **materia prima** a utilizar (componentes pétreos de los RCD), la **tecnología** a emplear en el proceso y el **producto** a obtener, si no se cuenta con estos estudios no se pueden lograr avances.

1.3.1. Características de la materia prima.

Como ya se ha resumido, entre los principales componentes pétreos de los RCD se encuentran los desechos de hormigón y albañilería, los residuos de prefabricados de hormigón y de cerámica, así como las tierras y rocas producto de los movimientos de tierras; dispuestos en cantidades y proporciones muy variadas.[64, 1, 67, 30, 52, 44]

La variedad en composición y proporción de estos desechos ha motivado que los estudios sobre sus propiedades no sean amplios y dirigidos a la caracterización en forma independiente de los hormigones como materiales duros y de las cerámicas rojas como de dureza media [42]. Aunque en literatura consultada este aspecto ha tomado fuerte valor, dando lugar a estudios de hormigones con áridos reciclados, elaboración de bloques de hormigón con este material obteniéndose resultados muy buenos. [30, 40, 29, 63]

Según criterios de autores [30,40], una de las propiedades que representa un elemento importante a considerar a la hora de seleccionar la tecnología de procesamiento, es la resistencia a la compresión del material a procesar. Si se tiene en cuenta que los escombros de hormigón y de albañilería, así como los de cerámica roja, son materiales inertes, entonces puede afirmarse que una propiedad mecánica como la Resistencia a la Compresión se encuentra en ellos en magnitudes similares a los valores obtenidos en el producto original (Ladrillos, Bloques, Morteros, Hormigón, etc.), pudiéndose tomar como referencia (la resistencia a la compresión del producto original) para caracterizar la propiedad en el desecho. En el caso del hormigón cubano, su resistencia a la compresión oscila entre 10 y 60 MPa, y depende del tipo de estructura a diseñar, aunque algunos autores plantean un rango de 15-35 MPa, los cuales son los más empleados [14]. Los escombros de albañilería están constituidos fundamentalmente por elementos conformados con cerámica roja (ladrillos, tejas, tubos de barro, etc.) y mezclas de arena con cemento utilizadas para la unión de dichos elementos o en repellos de paredes, siendo los ladrillos de cerámica roja los elementos que en mayor volumen se encuentran en estos escombros de albañilería. Según texto " Colectivo de autores de la Fac. de Ing. Civil del ISPJAE [14], la resistencia a la compresión del ladrillo macizo debe estar entre 6 y 14 MPa, mientras que en ladrillos huecos entre 4,5 y 8 Mpa, coincidiendo con otros estudios realizados. [67]

De acuerdo a los datos analizados, existe una gran diferencia entre la resistencia a la compresión de los escombros de albañilerías y los de hormigón, siendo estos últimos los de mayor dureza. Es criterio de varios autores, que esta diferencia de dureza y de resistencia a la compresión, ha constituido uno de los principales motivos en la decisión de reciclar, de forma independiente, los desechos de hormigón de los de albañilería [3, 24, 66, 70]

Cuando se habla de los componentes pétreos de los escombros para ser reciclados es importante tener en cuenta las impurezas o contaminantes. Estas impurezas pueden provocar efectos negativos en las propiedades mecánicas del producto final. Los materiales no inertes, suelos arcillosos, residuos de pavimentos, madera, yeso, material refractario, vidrios, metales u otras sustancias como: cloruros, álcalis o

arenas químicamente contaminadas son considerados como impurezas o contaminantes [31]. Estas impurezas pueden llevar a consecuencias desastrosas cuando son incorporadas a los agregados reciclados para producción de nuevos materiales. Uno de los productos obtenidos en el proceso de reciclaje y que constituye un elemento perjudicial para una aplicación como árido en la producción de hormigón, es el producto con granulometría menos de 0.074 mm [22], sin embargo, como se vera mas adelante para este material existen también aplicaciones.

La posibilidad real de encontrar impurezas en los escombros ha traído como consecuencia la selección y clasificación de estos residuos en almacenes de recepción, generalmente son clasificados en cinco grupos: [3]

- Escombros con predominio de hormigón.
- Escombros mayoritariamente de material cerámico.
- Escombros mixtos (cerámica, mortero, arena, grava, etc.).
- Mezclas asfálticas, materiales contaminados

1.3.2. Plantas de Reciclaje de materiales pétreos.

Al igual que en otros procesos, la calidad de los productos reciclados depende no solo de la materia prima utilizada, sino también, del proceso y la tecnología empleada. Las plantas de producción de áridos reciclados a partir de los RCD incluyen también el tratamiento para materiales con origen diverso e incorporan varios tipos de machacadoras, cribas, mecanismos transportadores y equipos para la eliminación de contaminantes, desde el punto de vista de la producción de áridos, La selección y complejidad de la planta depende del grado de procesamiento necesario, que viene determinado por la aplicación concreta del material final. Así si el destino de éste es un nuevo hormigón (para el que el producto reciclado deberá tener un contenido máximo de materiales cerámicos o similares entre 5 y 10%) el diseño del proceso es diferente del que requiere la producción de un material para relleno o para sub base en firmes para carretera, donde pueden incluirse otros materiales [36].

En la revisión bibliográfica desarrollada se pudo comprobar que en el mundo existen un gran número de centrales de reciclaje encargadas de procesar los materiales

pétreos. En la tabla 1.7 (**Anexo V**) se ofrecen los resultados expuestos por el Ing. Alfonso Aguilar en su artículo “Reciclado de residuos de construcción y demolición” [40]. Como se puede observar en esta tabla, en países como Alemania, Holanda y Bélgica existen una gran cantidad de plantas de reciclaje, lo que demuestra la prioridad de este proceso. Estos datos pueden servir como referencias para estimar la cantidad de plantas procesadoras de escombros existentes en la actualidad.

Las concepciones de estas centrales de reciclaje son más simples o más complejas, según sea la disponibilidad y calidad de la materia prima a utilizar, así como la variedad granulométrica y calidad del material a obtener

Según Brito [8], para la aceptación de una planta de reciclaje de materiales pétreos es necesario el cumplimiento de tres pre - requisitos:

- La existencia o generación de un volumen importante de residuos.
- La posibilidad de aplicar los productos obtenidos
- La existencia de un lugar adecuado para la instalación de la unidad recicladora.

El lugar de instalación de la planta es de importancia fundamental para la aplicación del programa de reciclaje. Lo ideal es que las plantas se encuentren próximas a las fuentes generadoras del residuo y a los lugares de aplicación del producto reciclado, o sea insertadas en el contexto urbano. Alcalde considera que la cantidad de desechos a gestionar debe encontrarse en un entorno de 15 a 20 Km. [3]

En nuestro país no existen plantas en la actualidad que permitan el reciclado, solo conocemos mediante conversaciones con especialistas que la Oficina del Historiador de la Habana cuenta con una planta móvil, en el resto del país desconocemos que existan, según criterio del autor en primer por no tener un estudio de factibilidad técnico – económico para adquirir estas tecnologías por los costos elevado de las mismas, y en segundo lugar no se ha asimilado el conocimiento suficiente en este sentido, no hay proyectos, no se exige el cuidado del medio ambiente con todo el rigor necesario que permita que una determinada entidad se dedique al reciclado y comercialización de estos productos, como existen en otros lugares del mundo denominados contratistas.

En la actualidad se han concebido, según su grado de movilidad, dos tipos de plantas: estacionarias, móviles o semimoviles, dentro de ellas se pueden clasificar en:

1. **Plantas de primera generación:** Carecen de elementos que pueden eliminar otros contaminantes que el acero.
2. **Plantas de segunda generación:** Basadas en el esquema de disposición de las anteriores pero añadiendo sistemas mecánicos, o manuales de eliminación de contaminantes previos al machaqueo, limpieza y clasificación del producto machacado, por vía seca o húmeda. Son las más extendidas en el reciclado del hormigón.
3. **Plantas de tercera generación:** Dirigidas a una reutilización prácticamente integral de otros materiales secundarios, considerados como contaminantes de los áridos generados. [36]

1.3.2.1 Las plantas estacionarias de reciclaje

Las plantas estacionarias constituyen la gran mayoría de los tipos existentes. Uno de los diseños más complejo es el desarrollado por la Siete de Eurubés de Gennevilliers (SEG), orientado a la trituración y cribado de escombros procedentes de la demolición de inmuebles de hormigón con tamaño máximo de material a procesar de 600X600X600mm [73]. En ella están dispuestas 21 operaciones distintas, entre las que se pueden destacar: La trituración primaria mediante una machacadora de mandíbulas, una trituración secundaria con trituradoras de conos, así como separadores magnéticos y densímetros para eliminar los metales y otros contaminantes de bajo peso específico. El movimiento interno del material se garantiza por medio de transportadores de bandas, y la clasificación granulométrica por cribas vibratorias. En el propio catálogo se presenta una planta más simple, de 300t/h de capacidad y accionada solamente por una trituradora de mandíbulas en la trituración primaria y una cónica o de rotor en la trituración secundaria. La ORENSTEIN and KOPPEL, S.A. [50] propone trituradoras de conos en la trituración primaria y de rotor en la secundaria.

Los diseños de estas plantas abarcan desde las más simples, donde se utiliza una sola fase de trituración y generalmente se obtienen materiales de baja calidad y poca variación en su granulometría, hasta las más complejas, en las que obtienen amplias

gamas de productos limpios y de calidad mejorada. Los principales equipos empleados en ellas son: los transportadores de bandas para el movimiento de los materiales, cribas de barras y vibratorias para la clasificación, electroimanes para la separación de partículas magnéticas y trituradoras de conos, mandíbulas y/o de rotor para la fragmentación del escombros.

La principal ventaja de estas plantas radica en la posibilidad de garantizar mejor calidad y variedad del producto a obtener; debido a la posibilidad de emplear mayor cantidad y variedad de equipos potentes y de un adecuado proceso de trituración y limpieza.

Según criterios de autores [65, 16, 33], la posibilidad de depositar el escombros en un área o almacén, facilita la selección y limpieza inicial de este material, garantizando una mayor eficiencia del proceso y una mejor calidad del producto terminado. Otra de las ventajas viene dada por la posibilidad de elevar el nivel del suelo en el área donde se encuentra ubicada la tolva de carga, permitiendo el volteo del material directamente desde un camión, sin necesidad de utilizar cargador.

1.3.2.2. Plantas móviles de reciclaje

La utilización de plantas móviles fue difundida inicialmente en el reciclaje de pavimento. Esta aplicación se justificó en la necesidad de utilizar importantes cantidades de áridos en el mismo lugar donde eran retirados [4]. La posibilidad de producir el material en un lugar relativamente cerca de las fuentes de consumo y su flexibilidad, provocaron que las empresas mineras se interesaran en este sistema para la producción de áridos en general [43].

Al igual que en las unidades estacionarias, existe una importante diversidad de diseños de plantas móviles. En su mayoría están compuestas por transportadores de bandas, una criba vibratoria y una trituradora o molino, garantizando con esto, uno de sus requerimientos más importantes, la simplicidad de la instalación. Un ejemplo lo constituye la Locotrack [45]. Este es un sistema autopropulsado por un motor diesel y compuesto por una trituradora de mandíbulas, una criba vibratoria, un separador magnético y transportador de bandas. Otro diseño de la Nordberg, la Citycrusher, presenta un sistema lo suficientemente pequeño como para introducirlo

en la parte posterior de un camión convencional. Se fabrica con trituradora de mandíbulas o de rotor, es compacto y se descarga fácilmente, liberando al camión para otras labores. También existen plantas móviles capaces de intercambiar las trituradoras y otros componentes en el mismo chasis.

De acuerdo al criterio de varios autores [41, 51, 54], el diseño de una planta móvil debe ser recomendado cuando la cantidad de escombros disponibles en una zona no es suficiente como para justificar la inversión en una planta estacionaria, siendo conveniente su traslado a otro lugar con materia prima disponible, o cuando se requiere utilizar importantes cantidades de áridos reciclados en lugares cercanos a donde son producidos desechos pétreos.

Esta posibilidad del traslado del sistema al lugar donde se encuentra ubicada la materia prima permite:

- Disminuir el consumo de combustible por concepto de transportación de la materia prima, lo que independientemente de la repercusión económica que esto trae, disminuye la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.
- Adquirir el árido (producto final) en zonas cercanas al lugar de su destino y por lo tanto, disminuir el gasto de combustible. Esto, además de la ventaja anteriormente señalada, trae como consecuencia para el comprador una disminución en el costo de obtención del material (costo de transporte), lo que lo hace más competitivo.
- Favorece el proceso educativo que debe desarrollar el Estado con la población y las empresas, en lo referente al vertido de escombros en lugares previamente seleccionados.
- En obras de restauración permite el empleo nuevamente del material original.

La posibilidad de movimiento para estas plantas ha implicado la necesidad de un diseño que garantice una máxima movilidad, en una instalación lo más simple posible; teniendo esto último el inconveniente, hasta el momento, de limitar el grado de reducción de material a valores relativamente bajos, reduciendo con ello el tamaño de las partículas a obtener o del material a procesar, otra de las desventajas derivadas es una menor posibilidad de eliminar las partículas contaminantes de

plásticos, maderas, etc. Al no poder disponer de los equipos requeridos. Esta trae también como consecuencia un menor costo de la planta, aspecto de gran importancia en países subdesarrollados interesados en resolver los problemas generados por los RCD.

Ahora bien para la definición acertada del tipo de proceso (estacionario o móvil) se hace necesario una caracterización inicial en la zona donde se pretende ubicar la planta. Esta caracterización debe incluir la cantidad de desechos pétreos existentes y la disposición relativa entre los principales vertederos que los contiene. Se puede aceptar una planta estacionaria, cuando exista una cantidad de escombros que garantice, al menos la amortización de todo el capital invertido y cuando los vertederos que los contienen estén dispuestos a distancias relativamente cercana [3]. En los casos de no cumplirse estas condiciones, es preferible la selección de una planta móvil.

La asimilación de esta tecnología en el sector de la construcción actualmente es insuficiente, partiendo de la base de que no hay una proyección objetiva en este sentido, no existe conciencia de disminuir el costo de los elementos constructivos mediante el reciclado de los RCD y minimizar las materias primas en el proceso. En el **Anexo VI** se muestra esquema de trabajo y algunas fotos de estas plantas.

1.3.3 Aplicaciones potenciales para los RCD

Desde que se comenzó a procesar industrialmente estos residuos, principalmente los de concreto, albañilería y materiales cerámicos, se han venido desarrollando investigaciones sobre posibles aplicaciones del material obtenido, demostrándose que estos productos tienen un elevado potencial de reutilización.

Una condición necesaria para que los productos reciclados encuentren su mercado como un sustituto para las materias primas es que satisfagan las exigencias técnicas y sean económicamente competitivos [68].

Desde hace años, se han dedicado numerosos estudios a la calidad y cumplimiento de las especificaciones técnicas de las materias recicladas. Estos informes llevados a cabo por RILEM TC- 37- DCR (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos

e Investigación sobre los Materiales y las Construcciones) sobre la demolición y reutilización del hormigón y elementos de mampostería, los cuales se llevaron a cabo en el período 1981-1988.

Estos resultados muestran como los fragmentos de hormigón triturados pueden usarse para muchas cosas y que el hormigón triturado es capaz de cumplir las especificaciones para los materiales agregados utilizados en el hormigón, y emplearse en muchas estructuras diferentes.

Como continuación de este trabajo y continuación de la documentación sobre materiales reciclados, en 1989 se reunió un nuevo comité de trabajo, RILEM TC-121-DRG, con el fin de establecer las guías para la demolición y reciclado del hormigón y los materiales de mampostería, donde los resultados fueron similares.

En Dinamarca y Holanda también se han hechos estudios teóricos y prácticos sobre materiales reciclados. La tabla 1.8 (**Anexo VI**) ilustra las diferentes posibles aplicaciones para los materiales reciclados como resultado de la investigación en Dinamarca. [21]

La primera aplicación que tubo el escombros reciclado fue como **relleno**, siendo utilizado en la actualidad como base granular, firmes de calzada, rellenos de irregularidades en caminos sin firme, otros autores que han escrito artículos sobre este tema [5], hacen similares recomendaciones en el uso de estos materiales. En Estados Unidos de América la Asociación Federal De Carreteras en 1985 durante la ampliación de 7000 carreteras en Wyoming, recicló los pavimentos de hormigón, donde el agregado fue una mezcla de materiales naturales y reciclados, con lo que se ahorro el 16% del costo total de la obra. [9, 53]. Otro ejemplo lo constituye España (Prov. de Andalucía) donde se han usado más de 18,000 toneladas de material reciclado para la reparación de caminos en zonas agrícolas. [5]

En el **Anexo VIII** se muestran fotos de algunas construcciones realizadas con áridos reciclados.

1.3.3.1 Como materia prima para la producción de clinker de cemento y áridos en la producción de hormigón.

Según Urcelay [70, 26] esta es una de las aplicaciones más estudiadas, teniendo como gran inconveniente las variaciones de sus propiedades químicas que implican un mayor control por parte de los productores y por lo tanto un aumento de los costos.

La aplicación de los materiales pétreos reciclados como áridos en la fabricación de hormigón es muy estudiada y una de las más importantes. La necesidad de obtener hormigones más duraderos y resistentes ha conducido a estudios profundos de las propiedades desde dos puntos de vistas distintos: las propiedades del árido como tal y del árido aplicado en la mezcla de hormigón. [44]

1.3.4 Propiedades de los áridos reciclados

Es la aplicación como agregados en la preparación de hormigón, la de mayor interés. por su influencia sobre la resistencia mecánica del hormigón y la adherencia con las pastas de cemento, son la distribución granulométrica, la forma de las partículas y el por ciento de absorción de agua, las propiedades de los áridos reciclados más estudiadas, estando las dos primeras muy vinculadas con los equipos empleados en la trituración.

La granulometría de los áridos, además de ser un parámetro importante para la dosificación de las mezclas, ejerce una gran influencia en la adherencia de los hormigones en estado fresco [6]. Para garantizar una granulometría adecuada en las canteras se producen diferentes grupos de áridos.

Convencionalmente los áridos se clasifican en arenas (aquellos que están formados fundamentalmente por partículas menores de 4.76 o 5mm) y áridos gruesos o piedras (aquellos formados por partículas mayores a 5mm) [14]. Estas características son determinadas por tres métodos:

- Tamizado
- Microscopio
- Prueba de sedimentación

De estas técnicas la más utilizada por entidades productoras de áridos para la construcción es el tamizado. En el **Anexo IX** se observa muestra de árido reciclado.

Aunque existen entidades especializadas que aplican los tres métodos como la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA).

Referente al análisis de la granulometría de los escombros reciclados, se han desarrollado experiencias en distintos lugares y con distintos objetivos. Latterza [34] realizó análisis de materiales reciclados provenientes de la Planta de Reciclaje de Riberao Preto/SP y constató que cerca del 50 % del material beneficiado pasaba el tamiz con malla 4.8 mm y el 70 % del material grueso estaba comprendido entre las fracciones de 4.8 a 19 mm. Zordan [75] encontró en sus estudios porcentajes semejantes para muestras seleccionadas en una misma planta aunque en períodos distintos. Este alto porcentaje de material fino puede estar vinculado a la composición de los residuos usados, pues en las dos muestras presentadas en el artículo de Zordan se visualizan una gran cantidad de morteros (63,7%) y materiales cerámicos (28%), los cuales pueden presentar baja resistencia y tendencia a mayor desagregación. [72, 74]

No se encontraron referencias que aborden los temas de la forma del grano y del análisis granulométrico de los áridos reciclados cubanos.

1.4 Conclusiones parciales

1. El reciclaje constituye la única técnica en la actualidad capaz de minimizar las afectaciones al medio ambiente provocadas por los materiales y componentes pétreos presente en los RCD. Las posibilidades de solucionar, los problemas generados por estos desechos mediante una adecuada gestión de la ciencia y la tecnología permitirían minimizar el consumo de recursos no renovables. Este procedimiento no sólo tiene ventajas medioambientales, sino también económicas y sociales al generar empleos para la población nuevos puestos de trabajo y materiales alternativos para la construcción actual a un costo inferior al nuevo material pétreo.
2. Los escombros de hormigón y albañilería constituyen los principales materiales utilizados como materia prima en plantas de reciclajes de escombros. Se

consideran estos, por su volumen y peso, como difíciles de manipular y relativamente costosos de transportar, pero la propiedad de ser materiales generalmente inertes, así como su valor residual y hasta cierto punto, proporcional al de los materiales vírgenes, los caracterizan como un material potencialmente recuperable y reciclable.

3. Se hace necesaria una caracterización de los RCD en la región, para de esta forma realizar una adecuada gestión de Ciencia y Tecnología en el momento de seleccionar la planta de reciclaje que se pretenda instalar. La falta de información sobre estos desechos en el territorio, impone la necesidad de desarrollar dicha caracterización mediante estudios de investigación y elaboración de proyectos.
4. Se pudo constatar que existen varias aplicaciones para los RCD; entre las cuales se destacan: material de relleno en carreteras; en la producción de clinker de cemento, en la remineralización de los suelos, como árido en la preparación de hormigón, etc. En todos los casos, pero fundamentalmente en el último, su aplicación va a depender de las propiedades físico-mecánicas del producto acabado.. No se reportan valores de las propiedades ni de aplicaciones para el posible árido reciclado de la región central de Cuba.
5. Se comprobó que esta técnica del reciclaje de los RCD es en su totalidad de países desarrollados, pues poseen la infraestructura necesaria (Tecnologías, Financiamiento para las inversiones etc.), esto no sucede así en la mayoría de los países subdesarrollados y nuestro país no escapa a esta situación, por lo que se hace necesario dirigir los esfuerzos hacia una adecuada gestión tecnológica que permita el tratamiento de estos residuos a corto y mediano plazo.

CAPITULO II: Caracterización del sector constructivo en la región central.

2. Introducción

Entre los años 1980 y 1990 el sector de la construcción en el país tiene un vertiginoso auge, se acometen grandes inversiones en sectores importantes como: la Salud, Educación y Deporte, Cuba poseía una infraestructura importante, sobre todo tecnologías provenientes del antiguo campo socialista a través del CAME. A partir de los años 90 cuando ocurre el derrumbe de la URSS, el desarrollo del país se afectó en todas las áreas y por tanto el sector de la construcción se vió seriamente afectado, disminuyendo considerablemente las inversiones, un ejemplo lo constituye la Autopista Nacional que se interrumpió su construcción, por problemas de financiamiento, entre otros. Todo esto ocasionó el deterioro paulatino de las instalaciones que en algunos casos no se volvieron a recuperar, ejemplo de ello es la Planta de Gran Panel ubicada en circunvalación y avenida a los Caneyes en Santa Clara.

A finales de la década de los 90 nuestro país comienza a tener un ligero incremento en el desarrollo de las construcciones, sobre todo en el sector del turismo, estrategia muy bien concebida por la máxima dirección del país. Existe una apertura para la formación de empresas mixtas en el territorio, se adquieren tecnologías del área capitalista con el objetivo de mejorar la infraestructura en la construcción.

Actualmente el MICONS realiza grandes esfuerzos para la adquisición de equipamiento moderno que dependen en su mayoría de las prioridades y estrategias del país. Para el año 2009 se trabajará fuertemente en la construcción de viviendas de tipología 1 teniendo en cuenta la incidencia cada vez más cercana de fenómenos meteorológicos, además de continuar trabajando en otras inversiones prioritarias para el país.

2.1. Estructura del MICONS en la provincia de Villa Clara

El Grupo Empresarial de la Construcción en el territorio esta conformado de la siguiente manera: 10 Empresas subordinadas y 5 entidades de subordinación nacional:

2.1.1 Empresas subordinadas al Grupo Empresarial de la Construcción VC

- ◆ Empresa Constructoras de Obras de Arquitectura e Ingeniería # 1
- ◆ Empresa Constructora de Obras de Arquitectura # 44
- ◆ Empresa de Transporte de la Construcción
- ◆ Empresa de Hormigón “Chiqui Gómez”
- ◆ Empresa de Producción Industrial VC
- ◆ Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25
- ◆ Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 26

2.1.2. Empresas de subordinación nacional.

- ◆ Empresa de Proyectos VC
- ◆ Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas VC
- ◆ Empresa de Materiales de la Construcción VC

Todas las empresas mencionadas anteriormente tienen un impacto directo al medio ambiente en mayor o menor medida.

A partir de la Resolución 117/2002 el Grupo Empresarial de la Construcción en Villa Clara implementa un grupo de medidas entre las que se encuentran:

1. Realizar un adecuado diagnóstico ambiental de las entidades en la región que nos permitiría evaluar el grado de contaminación al medio ambiente y los posibles impactos que generan en la provincia.
2. Plasmar a través del Plan de Ciencia e Innovación Tecnológica Proyectos de I+D+I, que permitan minimizar o eliminar el impacto al medio.

En Villa Clara existen varias entidades que están avaladas para realizar los diagnósticos ambientales, entre las que se encuentran la ENIA, GEOCUBA, el CESAN, la Geominera del Centro etc. Aunque una entidad puede realizar su autodiagnóstico teniendo en cuenta la metodología establecida por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA [77], para evaluar su situación y realizar un plan de medidas que le permitan eliminar los aspectos negativos.

En la actualidad la mayoría de las empresas del MICONS en el territorio han realizado sus diagnósticos ambientales, con excepción de algunas que no lo han

terminado en estos momentos, las cuales tienen fecha de cumplimiento diciembre del 2008.

Empresas que han realizado los diagnósticos ambientales:

- ❖ Empresa de Producciones Industriales VC
- ❖ Empresa de Hormigón “Chiqui Gomez”.
- ❖ Empresa Materiales de la Construcción VC.
- ❖ Empresa Constructora de Obras de Ingenierías # 25.
- ❖ Empresa Constructora de Obras de Ingenierías # 26
- ❖ Empresa Constructora de Obras de Arquitectura e Ingeniería # 1
- ❖ Empresa Constructora de Obras de Arquitectura # 44

A criterio de autor la inmensa mayoría para no ser absolutos han sido contratados con la Empresa GEOCUBA, por la seriedad y profesionalidad con que han asumido este servicio solicitado. Los resultados obtenidos hasta el momento en el levantamiento realizado ratifican el fuerte impacto ambiental provocado por estas entidades al medio ambiente.

Después de realizar una valoración profunda y analizar la información recibida de los diagnósticos ambientales existen dos clasificaciones para las empresas atendiendo a la generación de los RCD:

- I. Entidades generadoras de los RCD en el proceso de fabricación de elementos y/o productos para la construcción.**
- II. Entidades generadoras de los RCD en los procesos de intervenciones y/o reparación de obras viejas así como la construcción de nuevas obras.**

A continuación se analizan las entidades que están en la primera clasificación y los resultados del diagnóstico ambiental.

2.2. Entidades generadoras de los RCD en el proceso de fabricación de elementos y/o productos para la construcción.

- ◆ Empresa de Materiales de la Construcción VC
- ◆ Empresa de Hormigón “Chiqui Gómez”

- ◆ Empresa de Producción Industrial VC

2.2.1. Resultados obtenidos del Diagnostico Ambiental.

A partir de los expedientes entregados por los compañeros de GEOCUBA, previo contrato con las empresas donde se aplicó la metodología establecida por el CITMA para la realización de los diagnósticos ambientales [77]. Se analizaron las siguientes entidades:

Empresa de Materiales de la Construcción empresa destinada a la producción y comercialización de productos de la construcción, la cual esta constituida por las siguientes Unidades Empresariales de Base:

1. UEB Combinado de Hormigón Eladio Rodríguez
2. UEB Cantera “El Purio”.
3. UEB Combinado de Hormigón “Rolando Morales”.
4. UEB Combinado de Hormigón y Áridos “Raúl Cepero Bonilla”.
5. UEB Combinado Cerámica Roja y Arenera “Sergio Soto”.

El diagnóstico ambiental se concluyó hasta la fecha en la UEB “ El Purio” y la UEB Combinado de Hormigón “Eladio Rodríguez”; los restantes están en proceso.

UEB Combinado de Hormigón “Eladio Rodríguez”, perteneciente al municipio de Santa Clara, en ella se generan anualmente 3 t de desechos sólidos debido al proceso de producción distribuidos entre los siguientes materiales:

- ◆ Fabricación de bloques de hormigón [70% DS]
- ◆ Fabricación de tubos precomprimidos para obras de fabricas. [22% DS]
- ◆ Fabricación de baldosa de granito y losa hidráulica [3% DS]
- ◆ Fabricación de viguetas para la vivienda. [5% DS]

Estos niveles de RCD no son significativos para este estudio ya que dentro de las medidas implementadas está reciclar los RCD. Esto se debe a la introducción de tecnologías más eficientes en estas entidades como por ejemplo: La instalación de una nueva planta para la fabricación de bloques (Tecnología Poyato), con rendimientos superiores, donde los elementos fabricados son de primera calidad, estas producciones fundamentalmente están dirigidas a las construcciones del turismo.

UEB “El Purio” , perteneciente al municipio de Encrucijada entidad que se dedica a la extracción de material de cantera para producir áridos para la construcción tales como:

- ◆ Granito de 10 – 5 mm
- ◆ Granito de 15 – 7 mm
- ◆ Rajón de más de 152 mm
- ◆ Polvo de piedra de 5 – 0 mm
- ◆ Piedra de Hormigón 38 – 19 mm
- ◆ Macadán 63 – 38 mm
- ◆ Arena 5 – 0.15 mm
- ◆ Gravilla 19 – 5 mm

La tecnología aplicada en el proceso productivo es de avanzada, de la firma Española ERAL.

Estructura de los Recursos Humanos.

Centro	Mujeres	Hombres	Total
Dirigentes	15	4	19
Técnicos	1	9	10
Administración	2	0	2
Obreros	5	71	76
Servicios	2	0	2
Total	25	84	109

Existen tres bloques donde se desempeña la entidad:

- Bloque I zona central con una reserva de 1,800,000 m³.
- Bloque II ubicado en la zona occidental virgen aun.
- Bloque III con una reserva de 500,000 m³.

Los frentes anteriores permiten ordenar las actividades de extracción de forma que el abasto a la planta sea continuo. Así se trabaja en función de abastecer la capacidad de procesamiento de áridos a la planta la cual alcanza una capacidad de

1,200,000 m³/año. En la tabla 2 aparecen indicadores técnico económico de los últimos 3 años

Tabla 2. Indicadores Técnico – económicos del Purio

Ind. Económicos	U/M	2005			2006			2007		
		Plan	Real	%	Plan	Real	%	Plan	Real	%
Producción Bruta	MP	1708.7	1878.4	110	2540	2183.7	86	2264.6	2309.2	102
Producción Mercantil	MP	1909	1845.3	97	2300	1898	83	2084	2097.8	101

Estos niveles de producción están dados por las mejoras tecnológicas realizadas en los últimos años a esta entidad, por ejemplo: en el 2006 el MICONS destinó más de 60 millones de dólares a la Industria de Materiales en todo el país. Es necesario señalar que los años de periodo especial afectaron grandemente el sector de la construcción, prácticamente se paralizó el país, la tecnología con que contábamos se deterioro al máximo sobre todo por la falta de piezas de repuestos que provenían del antiguo campo socialista.

A partir de 2000 el país comienza a recuperarse y se realizan inversiones importantes en determinados sectores priorizados entre los que se encuentra el MICONS, hoy se puede decir que contamos en muchos casos con tecnología del primer mundo, en esta entidad se instaló un molino centrífugo que aumenta el rendimiento y la productividad en la obtención de áridos, además de otras mejoras tecnológicas en el frente de canteras que le permiten mantener los niveles de producción.

Los desechos sólidos fundamentales de esta planta de áridos son lodos constituidos por granos de tamaños finos contaminados con materiales erosionados como tierra común y vegetal, estos lodos están caracterizados y se reutilizan en el recultivo de los suelos al terminar la explotación del yacimiento. La planta genera al año 80 t de lodo debido al proceso productivo.

En el **Anexo X** se muestra el esquema o flujo de producción de esta planta.

UEB Combinado de Hormigón “Rolando Morales Sanabria”, ubicada en el municipio de Cifuentes esta entidad se dedica a la fabricación de baldosas de granito para satisfacer las demandas en la vivienda, la tecnología utilizada en esta planta es italiana de los años 70. En el 2006 se instaló una fabrica de Baldosa Monocapa de tecnología moderna, con financiamiento de más de 1,000,000 de dólares aledaña a la fabrica, aumentando los niveles de producción y una mejor calidad en el producto final; esta nueva planta satisface parte del mercado de la vivienda así como el turismo en la región central. Los RCD generados lo constituyen los lodos los cuales son tratados debidamente atendiendo a las normas ambientales establecidas, además cuentan con la licencia del CITMA para trabajar.

De manera general la generación de RCD en esta entidad son lodos, los cuales son tratados adecuadamente y algunos desechos sólidos que no resultan significativos.

La Empresa productora de Hormigón “Chiqui Gómez” perteneciente al GECONS VC, ubicada a la salida del municipio de Santa Clara en la zona industrial, en su proceso productivo no genera desechos sólidos, en la actualidad esta planta se encuentra modernizada en un 80% y se prevé continuar en el 2009.

El trabajo de modernización comenzó en el 2000 debido al fuerte impacto negativo al medio, lo cual afectaba la zona urbana en el enclave donde se encontraba, a partir del diagnóstico realizado se tomaron un grupo de medidas que le permitieron a la entidad mejorar su proceso productivo, limitando el impacto al medio ambiente, todo esto dio como resultado un trabajo titulado “Automatización de una Planta de Hormigón” presentado al Forum de Ciencia y Técnica en todos sus niveles, obteniendo Mención en el XVI Forum Nacional y premio Relevante en el VII Evento Ramal Nacional por lo que el MICONS decidió generalizar en todas las empresas del país dedicadas a la producción de hormigón.

En la actualidad este trabajo se encuentra generalizado en la planta de Remedios perteneciente a la Empresa de Producciones Industriales de Villa Clara que más adelante nos referiremos a ella.

La Empresa de Producciones Industriales de VC. Fundada en el año 1976.

estructurada de la siguiente manera:

Centros	Ubicación	Principales Producciones
Oficinas de Dirección	Santa Clara	Dirección
Planta Luís Ramírez López	Santa Clara	Elementos prefabricados para viviendas, Cubierta y entepiso, redes eléctricas, Batalla de Ideas, Tarea Refuerzo y turismo
Planta IMS	Santa Clara	Elementos prefabricados para vivienda, Gran Panel, Tarea Refuerzo y Batalla de Ideas.
Taller de Construcciones Metálicas	Santa Clara	Construcción y reparación de moldes metálicos, elaboración de insertos y elementos metálicos.
Taller Reparación	Santa Clara	Reparación y mantenimientos de equipos, enrollado de motores y tornería.
Planta Girón	Remedios	Elementos prefabricados para Gran Panel, Batalla de Ideas y Tarea Refuerzo.
Planta Sandino	Sagua	Elementos prefabricados para vivienda, Sandino, Gran Panel y Tarea Refuerzo.

Centro	Cant. Trab.	Hombres	Mujeres	Técnicos	Prof.	Oper
Dirección	66	35	31	27	26	11
LRL	145	135	10	17	5	121
IMS	142	133	9	17	2	112
Sagua	43	38	5	6	-	30
Remedios	86	77	9	13	3	67
Taller C. Met.	22	19	3	5	-	18
Taller Rep.	55	48	7	18	1	45
Total	559	485	74	103	37	404

Durante estas tres décadas de trabajo se han realizado los elementos prefabricados de varias obras complejas como: Fábrica de Cemento “Carlos Marx”, ampliación de

Planta Mecánica, Poligráfico, Monumento del “Tren Blindado”, plaza de Ernesto Che Guevara, Pedraplen de Caibarién, Canal Alacranes – Pavón.

También se ha contribuido al desarrollo social del territorio a través de la prefabricación de secundarias básicas, hospitales, hoteles, frigoríficos, círculos infantiles, etc. Las producciones también han estado presentes en otras provincias como Ciudad Habana, Cienfuegos, Matanzas, Sancti Espíritus Ciego de Ávila y provincia Habana.

Los años de período especial afectaron fuertemente la empresa, donde se deterioraron muchas instalaciones de elementos prefabricados, los niveles de producción eran muy bajos, se mantuvo la producción de elementos para viviendas, entre otros.

En la actualidad la labor está encaminada al desarrollo del polo turístico de Caibarién, así como las obras de la Batalla de Ideas y Tarea Refuerzo.

Los volúmenes máximos de hormigón producidos, fueron de 56 000 m³ anuales en la década del 80, estos valores decayeron en el período especial y en la actualidad no se mantiene debido a los cambios ocurridos en el entorno, descendiendo hasta un nivel de 15 000 y 20 000 m³ de hormigón a partir del 2004 hasta noviembre del 2008, (**ver Anexo XI gráfico**). Para garantizar la producción se cuenta con toda la tecnología instalada para estos sistemas constructivos y con una fuerza de trabajo calificada en las diferentes etapas del proceso productivo.

En los últimos cinco años la organización ha tenido logros significativos entre los cuales se encuentran:

- Penetración de mercado en otras provincias.
- Introducción de nuevos elementos para la construcción de viviendas.
- Posesión de la tecnología de postensado en el centro del país.
- Acumulación de gran experiencia en la elaboración de elementos de puentes.
- Introducción al prefabricado de elementos atípicos, logrando mayor flexibilidad.
- Se ha logrado una mejor gestión de búsqueda de proveedores.
- Reanimación de la situación económica de la empresa.
- El comienzo de la implantación de las normas ISO-9000.
- El pago por rendimiento que aumenta la estabilidad y productividad de la fuerza laboral.

- Mejor atención al hombre llevando a cada centro una UBA de Atención al Hombre.
- Se ha conformado ante los clientes una imagen favorable, cumpliendo con las exigencias de calidad y puntualidad pactadas con el mismo.

Principales Logros:

- Se sobre cumplió el plan de producción de elementos prefabricados en un 122 %.
- Se cumplió con la demanda de elementos prefabricados para la ejecución de viviendas.
- Se cumplió con la demanda de elementos prefabricados para la Tarea Refuerzo.
- Se realizó la Auditoria de Certificación de ampliación de alcance NC ISO 9000:2001, en la planta de prefabricado IMS.
- El Buró de Innovadores y Racionalizadores obtuvo la Categoría de Colectivo Condición 8 de Octubre, otorgado por el Buró Nacional de la ANIR.
- La empresa ostenta la condición de Relevante en el trabajo del Forum de Ciencia y Técnica a nivel Municipal y Distinción Especial otorgado por la Comisión Provincial, además de ser seleccionada Empresa destacada a nivel Nacional en el Forum.
- La empresa está propuesta a Colectivo Vanguardia Nacional de la CTC.

Prioridades:

- Producción de elementos prefabricados y hormigón premezclado
- Producción de elementos alternativos
- Producción de elementos metálicos

A continuación se exponen los resultados de las cuatro plantas pertenecientes a la EPI VC:

- ❖ Planta de Prefabricado IMS.
- ❖ Planta de Prefabricado Remedios.
- ❖ Planta de Prefabricado: Luís Ramírez López:
- ❖ Planta Sandino Sagua

Descripción de las actividades que realizan

El objeto social de estas entidades es producir transportar y comercializar de forma mayorista elementos prefabricados de hormigón u otros materiales, incluyendo su montaje, hormigones hidráulicos, morteros; elementos separadores para garantizar los recubrimientos en elementos prefabricados de hormigón y conos de hormigón para la tecnología de postensado, materiales alternativos complementarias de viviendas y otras edificaciones, estructuras metálicas y/o dispositivos y aditamentos para tecnologías de prefabricados y construcción de herramientas para la construcción; ofrecer servicios de laboratorios para ensayos de hormigón, acero y materiales de la construcción y de posventa todo ello en MN y CUC.

Prestar servicios de estimaciones en tecnologías de prefabricación y preesfuerzo, asistencia técnica, consultaría y asesoría especializada de desarrollo científico-técnico y de ejecución de proyectos de I+D+I, reparación y mantenimiento a equipos especializados en la producción de prefabricado, de alquiler de locales y almacenes, de parqueo, de alquiler de equipos especializados de la construcción, de transporte de carga general y especializados, de reparación y mantenimiento a equipos y agregados de reparación y mantenimiento de viviendas para sus trabajadores y efectuar el proyecto de elementos y sistemas en tecnologías de prefabricación, todos ellos en moneda nacional. Brindar servicios de elaboración de acero y efectuar su posterior comercialización de forma mayorista, solo a entidades del sistema del Ministerio de la Construcción, en MN y CUC.

Planta de Prefabricado IMS:

Balance de flujo de materiales

Para la producción de hormigón de acuerdo a la resistencia del material a obtener, según lo establecen los proyectos y los materiales que se poseen, la empresa se rige por las dosificaciones de hormigón establecida anualmente, por el Laboratorio Provincial de Materiales de la Construcción, perteneciente a la Empresa Nacional de Investigaciones aplicadas de la construcción. INVES CONS.

Analizando los elementos de entrada y salida de forma general en el proceso de producción se presenta el siguiente diagrama:

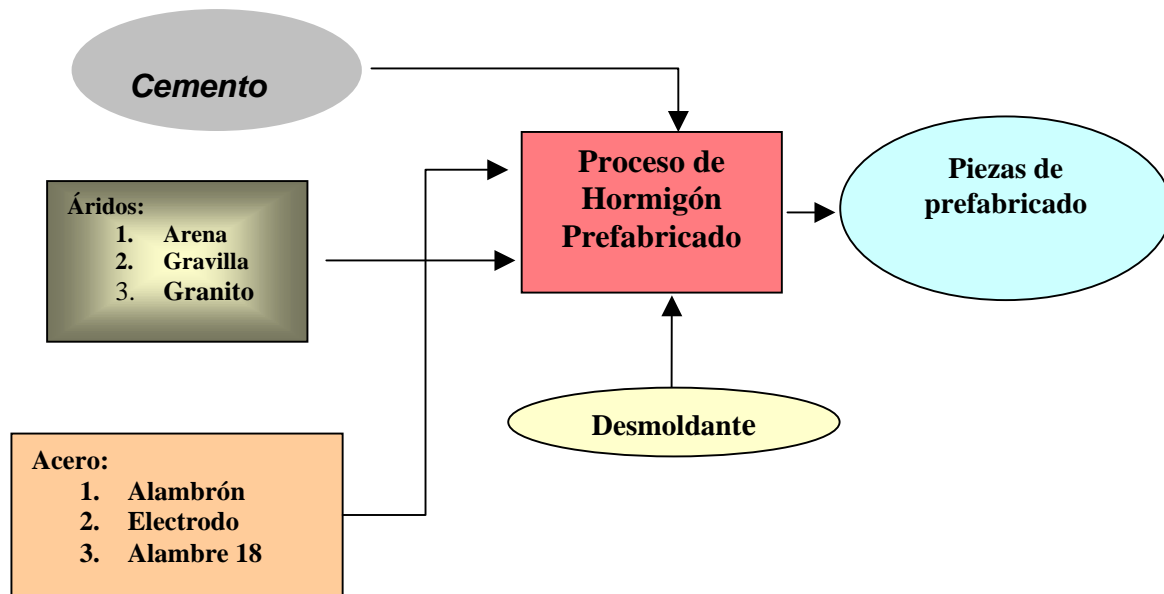


Diagrama general del balance de materiales.

Al aplicar el balance general de materiales a un proceso en el cual no ocurre reacción química, el material que entra es igual al que sale.

ME=MS

Por tanto, realizando un balance general de materiales

Resultados de insumos según producción obtenida en IMS

Los indicadores están expresados como consumo en Kg. del producto, por m³ de producción (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Consumo de cemento.

Tipo de Producción	Plan		Real	
	Consumo (m ³)	Indicador kg/ m ³	Consumo m ³	Indicador kg/ m ³
Hormigón Integral (m ³)	275,53	363	275,53	363

Tabla 2.2 Consumo de Áridos.

Consumo de Áridos	Plan	Real
Arena (m ³)	492	530
Gravilla (m ³)	527	513
granito (m ³)	14	14

Tabla 2.3 Consumo de acero (alambrón-alambre y electrodos).

Tipo de Producción	Plan		Real	
	Consumo (t)	indicador kg/ m ³	Consumo (t)	indicador kg/ m ³
Hormigón prefabricado (m ³)	81,75	108	81,75	108
758,86				

Tabla 2.4 Consumo de acero según su tipo y desmoldante.

Alambrón (t)			Electrodo (t)			Alambre 18 (t)			Desmoldante (Its)		
Plan	Real	Dif.	Plan	Real	Dif.	Plan	Real	Dif.	Plan	Real	Dif.
7,07	6,16	0,912	0,569	0,584	-0,015	0,93	0,531	0,396	2402	1440	962

Resultados del balance

1. Se observa un sobre consumo de un 8 % en la cantidad de arena debido a que se recibe húmeda, afectando el índice de consumo para este producto en particular.
2. En el uso del desmoldante tienen un ahorro de un 40%.
3. En el resto de los productos el consumo está acorde según las normas establecidas, según las dosificaciones de hormigón, aunque se observa un sobre consumo de electrodo, de forma general se cumple con el indicador del consumo de acero.

Residuales sólidos

Los desechos sólidos generados son: papeles de oficinas, residuos de hormigón, recortería de acero, entre otros.

Los desechos sólidos de hormigón que se generan del proceso, se depositan en un área dentro de la instalación. Fig. 1 **(Anexos XII)** lo que constituye un factor de contaminación del medio ambiente, afectando así la imagen visual de la instalación y la proliferación de vectores.

Los desechos provenientes de los análisis (físicos) realizados a las materias primas en el laboratorio son fundamentalmente probetas de hormigón. Las cantidades generadas dependen de las muestras que se tomen y su disposición final es en la misma área donde se depositan otros desechos del proceso. La cantidad de desechos sólidos generados en la entidad se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Resumen de las cantidades de desechos sólidos generados mensualmente.

Tipo de Residual	Cantidad Generada (mensual)	Destino Final
Desechos de hormigón	30 m ³	Área dentro de la instalación
Probetas del laboratorio físico	5 m ³	Área dentro de la instalación
Acero	1/2 toneladas	Materias Primas

Existe además un patio- almacén a cielo abierto donde son ubicados los áridos que se emplean en la producción. Estas dovelas se encuentran señalizadas y debidamente delimitadas por muros de hormigón armado. El almacenamiento se realiza teniendo en cuenta el tipo de árido y la capacidad que poseen. **(Tabla 2.6 Anexo XIII)**

Para el almacenamiento de cemento existen tres silos; dos se ubican en el área del Baching-Plant CH-15 y uno en el Batchig-Plant CENTRO-MAT. Las capacidades que poseen estos depósitos de cemento se reflejan en la **Tabla 2.7 (Anexo XIII)**.

El acero empleado en las producciones se almacena a cielo abierto en un área oficializada para ello, ubicándose según su tipo sobre calzos de hormigón y correctamente sellado.

La producción terminada se almacena en diferentes áreas de la Planta, existiendo fundamentalmente cuatro áreas oficializadas para esta actividad. Las mismas son:

- Área de grúa pórtico.
- Área de grúa torre (paneles y elementos).
- Área de almacenamiento de tabletas y losas T-2 (bajo techo).
- Área de almacenamiento de bateas (bajo techo).

Introducción de resultados científico-técnicos e innovación tecnológica

La Gestión de la Ciencia y la Innovación Tecnológica en la Empresa de Producciones Industriales en VC ha permitido que todas sus plantas mantengan los niveles de producción para apoyar al desarrollo de las construcciones dentro y fuera del territorio, en el **(Anexo XIV)** se exponen algunos resultados que corroboran lo

anterior. Estos resultados han sido generalizados a través de la Dirección Técnica mediante el Plan de Ciencia y Técnica que lleva implícito el modelo de generalización.

Planta de Prefabricado Remedios:

Esta planta presenta características similares las cuales fueron descritas anteriormente. En la Tabla 2.8, se muestra un resumen de la generación de residuales sólidos.

Tabla 2.8 Resumen de las cantidades de desechos sólidos generados mensualmente

Tipo de Residual	Cantidad Generada (Mensual)	Destino Final
Desechos de hormigón	15 m ³	Área dentro de la instalación
Probetas del laboratorio físico	5 m ³	Área dentro de la instalación
Acero	11 toneladas	Materias Primas

Existe además un patio- almacén a cielo abierto donde son ubicados los áridos que se emplean en la producción. Estas dovelas se encuentran señalizadas y debidamente delimitadas por muros de hormigón armado. El almacenamiento se realiza teniendo en cuenta el tipo de árido y la capacidad que poseen las dovelas.

Tabla 2.9 (Anexo XIII).

Para el almacenamiento de cemento existen tres silos; dos con capacidades de 35 t y el otro de 80 t. El acero empleado en las producciones se almacena a cielo abierto en un área oficializada para ello. Este se ubica según su tipo sobre calzos de hormigón y correctamente sellado.

La producción terminada se almacena en diferentes áreas de la planta. Actualmente la entidad buscando mejores condiciones de trabajo y organización, se encuentra en la recuperación de una de las grúas pórtico de 18 m que existen en la entidad; lugar que se destinará al almacenamiento de toda la producción terminada.

Introducción de resultados científico-técnicos e innovación tecnológica.

En el **(ANEXO XIV)** se exponen algunos logros atendiendo a la Gestión de la Ciencia y la innovación que permiten el desarrollo de la entidad. En esta planta en el año 2008 se generalizó el trabajo titulado: “Automatización de una Planta de Hormigón”, permitiendo de esta manera una mayor eficiencia en el proceso productivo.

Planta de Prefabricado: Luís Ramírez López.

La planta de prefabricado Luís Ramírez López, al igual que el resto de las entidades de su tipo, para la producción de hormigón, se rige por un documento emitido por el Laboratorio Provincial de Materiales de la Construcción, perteneciente a la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas de la Construcción INVES CONS, en el cual se describen las dosificaciones correctas de los materiales, de acuerdo a la existencia de los mismos y la resistencia del material a obtener. Este documento es actualizado y emitido anualmente.

De acuerdo al proceso de producción, para el balance general de materiales, se utilizó la siguiente ecuación:

Cemento + Áridos + Acero + Desmoldante = Pieza de prefabricado

Acorde a los m³ de hormigón elaborada, se observa un uso racional y eficiente de los elementos utilizados en la producción, esto se muestra en las **Tablas de la 2.10 a la 2.13 (Anexo XV)**.

Los valores que tienen un signo negativo delante, significa sobre consumo, por lo que deben tomarse medidas y acuerdos para disminuir los gastos de materiales de la Empresa.

Residuales sólidos

Los desechos sólidos generados son: papeles de oficinas, residuos de hormigón, elementos de prefabricados, acero, chatarra, entre otros.

Los desechos sólidos de hormigón que se generan del proceso, se depositan en diferentes áreas dentro de la instalación. (**Anexos XVI**) lo que constituye un factor que afecta la imagen visual de la instalación y propicia la proliferación de vectores. En la Tabla 2.15 , se muestra un resumen de la generación de residuales sólidos.

Tabla 2.15. Resumen de las cantidades de desechos sólidos generados en la instalación.

Tipo de Residual	Cantidad Generada	Destino Final
Desechos de hormigón	30 m ³ (mensual)	Diferentes áreas dentro de la instalación
Elementos prefabricado de rechazo	10 m ³ (mensual)	Materia Prima
Probetas de Hormigón	5 m ³	Áreas dentro de la instalación
Acero	600 kg (mensual)	Materia Prima

Almacenes

Existe además un patio- almacén a cielo abierto donde son ubicados los áridos que se emplean en la producción. Estas dovelas se encuentran señalizadas y debidamente delimitadas por muros de hormigón armado y están en correspondencia con los dos batching -plant existentes, el CH-15 y el CH-30. El almacenamiento se realiza teniendo en cuenta el tipo de árido y la capacidad que poseen las dovelas **Tabla 2.16 (Anexo XVII)**.

Para el almacenamiento de cemento existen seis silos; para el batching-plant CH- 30 de los cuales solamente tres están activados. Los mismos poseen una capacidad de 79 t cada uno. El Batching- plant CH-15 posee dos silos de cemento que cuentan con una capacidad de 58 t cada uno.

El acero empleado en las producciones se almacena a cielo abierto en un área oficializada para ello. Este se ubica según su tipo sobre calzos de hormigón y correctamente sellado.

La producción terminada se almacena en diferentes áreas de la planta, diferenciando las áreas de almacenamiento por el tipo de producción y su destino.

Introducción de resultados científico-técnicos e innovación tecnológica

Es necesario resaltar que esta planta adquirió en el año 2006 la Tecnología Ultra Span para la fabricación de losas huecas para entresijos y cubiertas de nacionalidad española, no obstante la tecnología Spiroll con más años de explotación sigue produciendo este tipo de elementos gracias al esfuerzo de los factores que integran el Sistema de Ciencia y Técnica en la entidad ver (**Anexo XIV**).

Como se puede observar de manera general la generación de RCD en la Empresa de Producciones Industriales es considerable, atendiendo a los niveles de hormigones elaborados lo cual se ejemplifica en la tabla 12.

Tabla 2.17. Resumen de las cantidades de desechos sólidos generados en la Empresa de Producciones Industriales de VC.

Entidad	Tipo de Residuos (RCD)	Cantidad m ³ /mes	Cantidad m ³ /año
Planta IMS	-Desechos de Hormigón	30	360
	-Probetas de ensayo	5	60
Planta Remedios	-Desechos de Hormigón	15	180
	-Probetas de ensayo	5	60
Planta LRL	-Desechos de Hormigón	30	360
	-Probetas de ensayo	5	60
	-Elementos de rechazo	10	120
Planta Sagua	-Desechos de Hormigón	10	120
	-Probetas de ensayo	5	60
TOTAL		115	1380

Las entidades que se mencionan a continuación coinciden con la segunda clasificación.

2.3 Entidades generadoras de los RCD en los procesos de intervenciones y/o reparación de obras viejas así como la construcción de nuevas obras.

- ◆ Empresa Constructoras de Obras de Arquitectura e Ingeniería # 1
- ◆ Empresa Constructora de Obras de Arquitectura # 44
- ◆ Empresa de Transporte de la Construcción
- ◆ Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25
- ◆ Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 26

2.3.1 Resultados obtenidos del diagnóstico ambiental

En las empresas ECOING # 26, ECOA # 44 y la ECOAI # 1 destinadas a la construcción de obras de arquitectura se realizó el diagnóstico ambiental comprobando que agreden fuertemente al medio ambiente, lo cual viene dado por la intervención en obras de rehabilitación o la construcción de nuevas inversiones. Como se explicó en el capítulo I la cuantificación de estos desechos se hace difícil ya que no existe un Sistema de Gestión de RCD bien implementado en ninguna de ellas, además no se dispone de tecnologías que permitan el reciclado o la reutilización de estos RCD, los cuales en la mayoría de los casos son vertidos incontroladamente.

Es necesario mencionar que existen normas y regulaciones las cuales tienen en cuenta la disposición final de los RCD. El establecimiento de regulaciones y controles de carácter ambiental es una función propia de los gobiernos. En la Agenda 21 de la Conferencia de Río (UNCED, 1992) se señala que los apremiantes problemas del siglo XXI sólo pueden ser atacados a través de la cooperación internacional, y que su implantación exitosa es responsabilidad principal de los gobiernos, con la participación ciudadana y la contribución de organizaciones no gubernamentales. Los gobiernos deben asegurar que las políticas ambientales proveen el marco legal e institucional para responder a nuevas necesidades para la protección del ambiente, que puedan ser resultado de cambios en la producción y de especialización de los mercados. Sin embargo, el establecimiento de políticas y normas para conservar y proteger los recursos naturales no debe hacerse sin tomar en cuenta a quienes viven de esos recursos, porque de otra manera se pudiera estar estimulando el aumento de la pobreza y en consecuencia, las perspectivas a largo plazo para la misma conservación de los recursos.[19]

Ejemplos de regulaciones típicas son las siguientes:

- ❖ Regulaciones para reducir la extracción de materia prima, legislación para prohibir el bote de materiales que pudieran ser reciclados, así como directrices para establecer que una proporción de los materiales usados en todos los proyectos de construcción sean reciclados.
- ❖ Estimular la adopción de estándares y otras medidas reguladoras que promuevan el aumento de la aplicación de diseños y tecnologías eficientes en su uso de energía, y la utilización de los recursos naturales de una forma económica y ambientalmente apropiada.
- ❖ Promover la aplicación de impuestos u otro tipo de carga tributaria que desestimulen la utilización de materiales de construcción que generen contaminación durante su ciclo de vida.

En el (**Anexo XVIII**) se muestra la Estrategia Ambiental de la Construcción.

Por tanto es necesario que estas entidades tengan concebido dentro de sus planes de inversión que hacer desde un inicio con los RCD generados en la obra.

De manera general podemos decir que no esta creada la infraestructura por parte del sector de la construcción y la municipalidad para el tratamiento de los residuos de la construcción y los generados por la población.

En el caso específico de Cuba es bueno señalar que los niveles de demoliciones son muy pequeños, comparados con otros países como Dinamarca, en el **Anexo XIX**, se pueden observar con más detalles los por cientos de estas actividades [76]. Las intervenciones en Cuba generalmente son de rehabilitación que puede ser total o parcial, pero en raras ocasiones se procede a la demolición total.

La Empresa ECOING 25 entidad destinada a la construcción de obras de ingenierías como: viales, puentes, la producción de hormigón asfáltico, genera RCD que pueden ser reciclados sobre todo en la intervención de obras de vialidad.

Clasificación del Hormigón Asfáltico

- **Hormigón asfáltico en caliente (HAC)**
- **Hormigón asfáltico en frío (HAF)**

Recientemente el país adquirió tecnología moderna de la firma Italiana Bernardi, con vistas a reparar los viales en todo el país, estas plantas de hormigón asfáltico en caliente, tienen la ventaja de contaminar mucho menos el medio ambiente comparándola con las plantas actuales que emanan gran cantidad de gases a la atmósfera los cuales contribuyen al fenómeno de invernadero.

Por tanto se decide invertir en la compra de todo un equipamiento necesario para acometer esta tarea. Se compraron *cinco plantas de hormigón asfáltico en caliente* con la particularidad de ser móviles, o sea se pueden trasladar con facilidad de un lugar a otro en la medida de las necesidades.

El territorio central fue beneficiado con la adquisición de una de estas plantas, entre otros equipos. El montaje de la misma se realizó en el municipio de Encrucijada, muy próxima la UEB El Purio con el objetivo de disminuir los gastos por concepto de transportación de áridos y de esta manera bajar el costo de este material, esto permite un aumento de los niveles de producción del producto, para dar respuesta a todos los compromisos contraídos, anteriormente se contaba solamente con dos plantas de asfalto, una ubicada en Caibarien y la otra en Santa Clara las cuales tienen muchos años de explotación, aunque siguen funcionando.

Entre el equipamiento adquirido se introduce en el proceso de pavimentado una máquina frezadora que permite eliminar las capas inferiores para luego proceder con el proceso de pintado y vertido del asfalto.

En el mundo desarrollado este proceso se hace de forma continua o sea las tecnologías disponibles (Máquinas recicladoras de pavimento) permiten el fresado, y reciclado del material incorporándolo nuevamente al pavimento, en dos variantes:

- Reciclado en frío.
- Reciclado en caliente

Según Toledano [53], esto puede disminuir entre un 15 – 20% del costo total de la obra.

Reciclado en Frío: El pavimento existente se fresa y se mezcla con ligantes que pueden ser cementos y emulsiones asfálticas, betunes y la base granular se reutilizan totalmente para formar el nuevo pavimento. **(Ver Anexo XX)**

Ventajas de este método:

- Es un método económico y ecológicamente seguro.
- Permite el ahorro de materias primas.
- Disminuye el volumen a transportar y la carga de tráfico.
- No hay necesidad de cargar el material excavado.
- Reduce el tiempo de ejecución de la obra.
- Se utiliza en una gran variedad de trabajos. Autopistas, viales principales, carreteras entre pueblos y ciudades etc.

Reciclado en caliente: El pavimento frezado se lleva hacia las plantas de reciclado que pueden ser móviles o estacionarias y el árido reciclado es incorporado nuevamente a la mezcla.

Este método con respecto al anterior presenta varias desventajas:

- Tiende a contaminar más el medio por la emanación de gases.
- Aumenta el volumen de transporte.
- Aumenta el tiempo de ejecución de la obra
- Aumenta los costos por concepto de transportación.

Actualmente Santa Clara realiza la rehabilitación de las arterias principales como son:

- Tramo carretera sagua – circunvalación
- Tramo de carretera camajuani – circunvalación
- Tramo carretera central Este –Oeste

El material extraído no se esta reciclando, lo cual se debe a que no posee la infraestructura adecuada, aunque de alguna manera se esta utilizando como relleno en algunos viales deteriorados, pero sin las emulsiones de asfalto de acuerdo a lo planteado por varios autores [12] lo que prácticamente se esta votando, diríamos en vertederos controlados que son los caminos ejemplo: de ello es el Callejón de Guamajal. En el **Anexo XXI** se muestran fotografías.

Una de las causas por la que ocurre esta situación es la no asimilación por parte del personal técnico de las entidades, del conocimiento relacionado con las tecnologías disponibles para el reciclado de estos materiales, lo que ha incidido en la falta de

proyección en la formulación de proyectos de innovación en el sector que consideren estos aspectos.

Un ejemplo de reciclado de hormigón asfáltico en frío lo constituye la tecnología implementada en la zona oriental específicamente en Holguín para mejorar la sub-base de los viales.[62]

2.4 Tecnologías Disponibles

En el estudio realizado en estas entidades se constató la no disponibilidad de tecnologías que permitan el reciclaje de los RCD, en la búsqueda de información no se encontraron casos donde alguna de las entidades pertenecientes al MICONS tuviese la tecnología para procesar los RCD. No existen proyectos de desarrollo que permitan el reciclado de estos materiales, esto es dado en primer lugar por el desconocimiento sobre el tema, la falta de estudio de factibilidad técnico económica, y consecuentemente con esto el financiamiento para estas inversiones, ya que una planta de reciclaje móvil cuesta aproximadamente más de cuarto de millón de euros en el mercado. Solamente hemos conocido a través del programa de Agenda –21 que en Ciudad de la Habana en el casco histórico existe una máquina adquirida por la oficina del historiador de la Habana para reciclar los RCD evacuados de las demoliciones debido a la intervención de edificios en mal estado, esta planta es móvil lo que permite su traslado hacia el lugar donde se generan los RCD.

Existe un trabajo de doctorado en la UCLV donde se hace una propuesta de construcción de una planta de reciclaje para tratar los RCD que son llevados al vertedero municipal de la ciudad de Santa Clara, los cuales no están clasificados.[69]

Además no se cuenta con la infraestructura necesaria para el tratamiento de estos residuos, no se aplican las leyes vigentes en el país en primer lugar por desconocimiento y en segundo lugar no existe un control sobre las entidades que generan estos RCD, no existen puntos de recepción de estos materiales, donde las empresas tengan la obligación de depositarlos.

De manera general tanto a nivel de país como en el municipio no existe un Modelo de Gestión para tratar los RCD, y si no somos capaces de prever el incremento

gradual de estos residuos cada día su impacto al medio ambiente será mayor, además los recursos naturales con el desarrollo cada vez más acelerado tienden a agotarse con mayor rapidez.

2.5. Localización de los principales vertederos de material de desechos de la construcción de la ciudad de Santa Clara.

En la Ciudad de Santa Clara se encuentran identificados 5 vertederos de materiales de desechos de la construcción, los cuales sobresalen por las cantidades depositadas en ellos, estos son:

- ❖ Vertedero Rpto. Antón Díaz
- ❖ Vertedero de carretera los Caneyes al Rpto. José Martí.
- ❖ Vertedero Autopista – Circunvalación.
- ❖ Vertederos Vegas Nuevas
- ❖ Vertedero municipal.

La localización de estos vertederos es muy positivo, para el desarrollo de un futuro proceso de reciclaje, ya que las distancias entre ellos es pequeña, aproximadamente de 9 a 10 Km., lo que facilitaría la transportación de la materia prima hacia la planta, ya sea estacionaria o móvil.

En la **(Anexo XXII)** se muestran las cantidades estimadas de RCD.

En esta tabla se aprecia la cantidad de escombros con posibilidades de ser reciclado. A diferencia de las canteras donde se producen áridos tradicionales, en los vertederos de MDC las cantidades disponibles de estos materiales aumentan con el tiempo. Según las autoridades de la dirección Municipal de Servicios Comunes se estima que se depositan 7000 m³ /año. En el **Anexo XXIII** se muestran fotos de los escombros generados por la población que no tienen forma de evacuar.

Por tanto considerando las cantidades disponibles y las características de inertes de estos escombros se hace evidente la incapacidad, por parte de la naturaleza, para absorber estos desechos, siendo necesaria la búsqueda de alternativas que minimicen el efecto negativo de dichas deposiciones.[69]

2.6 Conclusiones Parciales:

- 1) Se constató que los volúmenes de lodos generados por la extracción de áridos en la cantera El Purio (80 t/año) son utilizados en el recultivo del terreno como una medida que favorece al medio ambiente .
- 2) Mediante el estudio realizado se evidencio la necesidad de adquirir el equipamiento necesario para tratar los RCD, siempre y cuando se tengan en cuenta los estudios de factibilidad técnico económica que no se realizan y por tanto las empresas no pueden adquirir estas tecnologías, lo cual complejiza cada vez más la situación del medio ambiente debido al vertido incontrolado.
- 3) No existen proyectos de desarrollo bien concebidos que permitan el reciclado de estos RCD, en primer lugar por la falta de financiamiento, el desconocimiento por parte de los decisores del uso de estos materiales y de sus ventajas económicas, además de no contar como en otros países de legislaciones que regulen dicha actividad.
- 4) Los RCD cuantificados en la Empresa de Producciones Industriales de VC están compuestos por: arena, piedra cemento y acero, los cuales permitiría que el árido reciclado tenga una mayor calidad y puedan ser usados 100% en el proceso nuevamente, siempre y cuando se tenga la tecnología adecuada para estos fines.
- 5) A pesar de adquirir algunos equipos que forman parte de tecnologías de reciclar HAF no existe la infraestructura adecuada para reciclar estos materias, y como consecuencia de esto no se reincorporan al proceso, aspecto que podría significar ahorro de recursos.
- 6) Los diagnósticos ambientales realizados en las entidades permitieron medir la magnitud del impacto, no solo de los RCD sino de la contaminación al medio por gases de escape, polvo, ruido, desechos peligroso etc. Estos expedientes con todos los datos obran en poder de las empresas.
- 7) A pesar de que existen, normas que a criterio del autor son muy escuetas en lo referente al tema de los RCD, y políticas dictaminadas por los ministerios competentes, en ningún caso se evidencio la sanción aplicada a estas entidades por no aplicar lo establecido para el destino final de los RCD.

- 8) A través del estudio realizado se comprobó que en la región central la demolición no aporta grandes volúmenes de escombros en comparación con otros países de la UE donde aproximadamente el 90% de los RCD lo constituyen las demoliciones..

CAPITULO III. Modelos de gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD)

3. Introducción

La construcción es una actividad en permanente desarrollo, porque responde a necesidades y demandas sociales siempre crecientes. Por lo tanto, su impacto ambiental también es constante y genera, por un lado, un gran consumo de recursos, y por el otro, una importante producción de residuos, agravado esto por determinadas actitudes frente al consumo y las tecnologías adoptadas. Estas actitudes tienen un fuerte relación con el grado de desarrollo del país, ya que puede observarse que en países más desarrollados existe una mayor conciencia ambiental que en aquellos cuyas necesidades básicas aun no se encuentran resueltas o satisfechas.

En los países en vías de desarrollo como Cuba, el problema aumenta con el acelerado crecimiento demográfico y el proceso de urbanización de las ciudades, acompañado de un déficit en cuanto a recursos técnicos, tecnológicos y económicos, y donde las prioridades del estado se encuentran enfocadas a resolver las necesidades más básicas de la población. [29]

Por otro lado, no existe conciencia en relación a la necesidad ambiental de preservar recursos mediante la reducción de la extracción de los mismos y la producción a partir de materias primas vírgenes; la reutilización de materiales y componentes constructivos útiles y, finalmente, el reciclaje de los que no pueden ser reutilizados.[15]

3.1. Gestión actual en la región central

La gestión de los RCD en la región central presenta, en el momento actual, importantes deficiencias. La falta de ordenación a nivel regional de la gestión de los RCD, junto al hecho de que a nivel municipal no se ha ejercido, de forma general, una política ambiental en la gestión de los RCD de su competencia, ha favorecido la proliferación de vertederos cuyas características no son, en la mayor parte de los casos, asumibles desde el punto de vista ambiental, así como, la proliferación de puntos negros de vertido en zonas de fácil acceso. (Márgenes de ríos, solares yermos etc.)

Un factor adicional a tener en cuenta es que no existe separación, ni contenedores para su gestión diferenciada, de los diferentes flujos de residuos que se generan en las obras. A este hecho habría que añadir la no existencia de contenedores de RCD en la vía pública, lo que invita a los ciudadanos a depositar los mismos en donde se les ocurra.

Prácticamente el 100% de los RCD generados en las empresas se destina a la eliminación, con lo que, al no realizarse selección alguna con carácter previo al vertido, los riesgos de contaminación al medio aumentan considerablemente.

Esta nula implantación de actividades de reciclaje o recuperación de este tipo de residuos se ve favorecida por los siguientes factores:

- ❖ Vertido incontrolado de los RCD tanto por empresas y ciudadanos.
- ❖ Dificultad para la localización adecuada de instalaciones para la gestión de los RCD.

En esta investigación se pudo constatar la carencia en el sector constructivo de una política encaminada a la Innovación Tecnológica considerando el reciclaje y rehúso de los RCD provocado por los factores antes mencionados.

3.1.1 Situación de los RCD del MICONS en el territorio.

La gestión de los RDC en el país es una problemática, a pesar de los esfuerzos, no está siendo debidamente afrontada por las administraciones, no existen planes directores de gestión de RDC. Por tanto en este contexto se enmarca el presente trabajo, cuyo fin es la elaboración de un documento que aporte una solución técnica, económica y medioambiental adecuada a la gestión de los residuos sólidos industriales, haciendo énfasis en el desarrollo de un marco administrativo idóneo.

A través de la propuesta del Modelo de Gestión mediante el desarrollo de la Ciencia y la Innovación, se pretende una utilización y valorización de los RCD en el sector, proponiéndose además la recuperación del material depositado en los vertederos de la ciudad de Santa Clara, identificado anteriormente.

3.2. Instrumentos para una adecuada Gestión de RCD.

3.2.1. Medidas Instrumentales

1. Establecer los mecanismos necesarios para la aplicación de la normativa vigente a las entidades para regularizar la producción y gestión de los RCD, desde la recogida hasta su valorización o eliminación.
2. Creación y explotación de una red pública autonómica de instalaciones de gestión de RCD, que garantice el correcto tratamiento de la totalidad de los producidos en la región central incluyendo las empresas y particulares.
3. Elaboración de un sistema de tasas, cánones o precios que desincentiven el vertido.
4. Suscripción de acuerdos voluntarios entre las municipalidades y los sectores empresariales con vistas a la adecuada gestión de los RCD.
6. Desarrollo de programas de divulgación y concientización ciudadana.
7. Creación de una red de puntos limpios de RCD de iniciativa municipal, destinados exclusivamente a recibir los residuos generados en obras sometidas al procedimiento de acto comunicado.

3.3 Modelo de Gestión de RCD

La gestión de los RCD está condicionada por los siguientes factores:

1. La generación de forma difusa por toda la región central en especial la ciudad de Santa Clara tanto en lo que se refiere a actividades de construcción como demolición y obras menores, lo que dificulta el control de la producción y gestión de estos residuos.
2. Debe existir el control, por la municipalidad, de las actividades generadoras de RCD en su ámbito territorial, mediante la concesión de las licencias de obra que emite Planificación Física. En aquellos casos en que no es necesaria licencia, otra forma de control es la imposición de multas por ocupación de la vía pública por RCD.
3. La existencia de una red de infraestructuras de transferencia, valorización y eliminación lo suficientemente adecuada como para asegurar unos costes de transporte razonables.

4. La necesidad de instalaciones de eliminación de RCD con capacidad suficiente para asegurar la disponibilidad de vertido de los mismos, garantizando el control ambiental de su gestión.
5. El desarrollo de una línea de investigación relacionada con el rehúso y valorización de los RCD que favorezca la propuesta de proyectos de I+D y de Innovación Tecnológica.

En base a estos factores el Modelo de Gestión define, por un lado, el marco competencial de la gestión de residuos a nivel municipal, determinando las responsabilidades de cada administración en el ciclo de gestión de los RCD. Por otra parte, se debe dividir el territorio en Unidades Técnicas de Gestión (UTG), aplicando criterios de homogeneidad en la generación, distancia y población, proponiendo la instalación en cada una de estas UTG de las infraestructuras necesarias para la gestión integral y definiendo sus ubicaciones teniendo en cuenta los estudios de factibilidad. Finalmente, determina las responsabilidades de los agentes económicos estatales en la gestión de los RCD, tanto en lo que se refiere a la producción como al transporte y la valorización.

3.3.1. Zonificación. Criterios Generales

Para la estructuración e implementación del Modelo de Gestión, se propone que el territorio sea dividido en zonas, a las que denominaremos Unidades Técnicas de Gestión, que entrarán en vigor una vez finalizado la identificación y cuantificación de todos los vertederos de la provincia, necesario para la puesta en marcha de las infraestructuras que integran la red pública de instalaciones de gestión de RCD.

Esta división atiende a criterios homogéneos de agrupación, optimiza la reducción de los costes de transporte de residuos y minimiza la superficie necesaria para la implantación de las áreas de gestión.

El planteamiento establecido ha sido diseñar para cada UTG los elementos e infraestructuras necesarios para una correcta gestión de los RCD generados en el ámbito territorial que abarquen su viabilidad ambiental, operativa, técnica, económica y social.

3.3.2 Definición de competencias

La correcta gestión de los RCD exige una delimitación clara de las competencias y responsabilidades de las diferentes administraciones que intervienen durante la gestión de los RCD.

El elemento clave para asegurar la adecuada gestión de los RCD es la administración municipal, quien a través de las licencias de obra conoce las actuaciones generadoras de RCD que tienen lugar en su término.

El modelo vigente hasta estos momentos ha demostrado que conduce únicamente a la proliferación de vertederos municipales incontrolados, no ajustados a lo establecido en la normativa [46,47,48] que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Estas condicionantes justifican la declaración como servicio público la eliminación de los RCD, incluidos los procedentes de obra menor y reparación domiciliaria, así como las operaciones de transferencia y transporte de estos residuos.

Las direcciones Municipales de Servicios Comunes estarán facultadas para ordenar el retiro inmediato de los RCD, así como también para emitir la prórroga correspondiente en casos excepcionales.

3.3.3 Instrumentos económicos

Multas o Fianzas

Para garantizar el cumplimiento correcto de gestión de los RCD sería necesario establecer un nuevo instrumento económico, imposición de multas proporcional al volumen de los RCD generados por productor o poseedor de los RCD, y que serviría para cubrir posibles responsabilidades del productor o poseedor por el incumplimiento de las obligaciones en materia de gestión de RCD.

El establecimiento de dicho procedimiento administrativo de control de la producción y gestión de los residuos, ligado al trámite de licencias municipales, podría hacer necesaria, en su caso, la adaptación de las regulaciones municipales a los requisitos de control municipal que, en su momento, se determinen.

3.3.4 Reducción de la eliminación de RCD

Tal como establece el acápite **7.2 de la NC 133, de 2002, de Residuos Sólidos Urbanos**, los poseedores de residuos están obligados a sufragar los correspondientes costes de gestión de los mismos. Por otra parte, en consonancia con el Modelo de Gestión y con la Política Ambiental Nacional del MICONS, es necesario incentivar la reducción de la eliminación de los RCD.

Según acápite **6.10 de la NC 135/2002 RSU Deposición final**. Serán separados los residuos de materiales de la construcción, para emplearlos como material de recubrimiento de las vías de acceso del propio relleno sanitario, u otros usos del vertedero.

A estos efectos, se podría establecer una tasa o precio de eliminación de RCD que incentivara la reducción y potenciara el reciclaje de estos RCD, cuya cuantía sería única para todas las instalaciones integrantes de la red de gestión de RCD de la región central, y que tendría como destino financiar las actuaciones previstas en este Modelo de Gestión.

3.3.5 Flujo general de Gestión de los RCD

Como ya se ha descrito , el modelo de gestión propuesto se basa en ubicar una serie de infraestructura suficientes para garantizar la gestión de los RCD generados en su ámbito, en el **Anexo XXIV** se muestra el diagrama de flujo y se resume de forma gráfica, el esquema de las operaciones a que se someten los distintos residuos de construcción y demolición con el fin de lograr la mayor recuperación de elementos valorizables y a su vez disminuir el volumen de residuos para el tratamiento en depósito.

3.4 Infraestructuras necesarias para la gestión de RCD

3.4.1 Características básicas

Uno de los elementos que caracterizan el Modelo de Gestión de RCD de la región central es la creación de una red pública de instalaciones para garantizar la gestión integrada de estos residuos. En el marco de la zonificación del territorio que realiza

el Modelo de Gestión se prevé que cada UTG sea autosuficiente, disponiendo de instalaciones suficientes para el reciclaje y la eliminación.

Este Modelo de Gestión permite la minimización de la incidencia ambiental de estos residuos, por lo que las instalaciones que integrarán la red pública se diseñarán y explotarán conforme a los más elevados criterios de gestión establecidos en la normativa vigente emitida por el CITMA para la instalación de estos equipos.

3.4.2 Estación de transferencia de RCD.

En aquellas UTG que, en razón de su gran superficie, el sistema de comunicaciones o la ubicación de las instalaciones, la distancia desde algún municipio a las plantas de tratamiento y al depósito final sea superior a 30 Km, los RCD pasarán por una estación de transferencia donde se almacenarán temporalmente y, cuando se considere oportuno, se realizará una primera clasificación.

De forma genérica, las estaciones de transferencia contarán con báscula para cuantificar , playa de carga y descarga. El recinto estará vallado y urbanizado, y situado a distancia suficiente de las zonas urbanas para minimizar las molestias sobre la población.

3.4.3 Planta de reciclaje

Las plantas de reciclaje se constituyen como elemento clave en el Modelo de Gestión de RCD en la ciudad de Santa Clara, ya que en ellas se va a proceder a su clasificación, separando los diferentes flujos de residuos para su correcta gestión ambiental, destinando a depósito los residuos no valorizables, enviando a gestores autorizados los residuos peligrosos y separando y acondicionando los residuos susceptibles de valorización.

La planta de reciclaje comprende dos partes claramente diferenciadas, la planta de clasificación y la planta de machaqueo, así como una playa de descarga para la separación previa de residuos voluminosos de forma mixta (manual y mecanizada). El conjunto de instalaciones estará vallado, urbanizado y a distancia suficiente de las zonas habitadas para minimizar las molestias que provoca una instalación de estas características.

3.4.4 Planta de clasificación

Los residuos inertes a tratar en planta de clasificación presentan una tipología variada, sobre todo aquellos que provienen de las obras menores y son transportados por vehículos con contenedores. En estas plantas se separarán los residuos que no son realmente escombros.

De estas fracciones, unas irán a depósito controlado de residuos urbanos, otras deberán ser entregadas a un gestor autorizado de residuos peligrosos y otras (metal, plástico, papel/ cartón) serán valorizables y enviados a materias primas. El porcentaje correspondiente a escombros pasará a la siguiente fase.

3.4.5 Planta de machaqueo

En la planta de machaqueo se incorporarán directamente los escombros procedentes de derribos y la fracción de escombros que provienen de la planta de clasificación, para obtener un árido para la construcción.

3.4.6 Depósito controlado

Se ha previsto la construcción de un depósito controlado en cada una de las UTG, con las instalaciones adecuadas de clasificación de RCD. Los requerimientos y bases de partida iniciales en el diseño y dimensionamiento de esta instalación han sido los establecidos para este tipo de instalaciones de acuerdo a lo establecido por el CITMA, y la Normas Cubanas 133, 135 del 2002 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

En la elección de las ubicaciones de los depósitos controlados se han tenido en cuenta factores como:

- Disponibilidad de los terrenos.
- Distancias a núcleos urbanos.
- Capacidad.
- Características topográficas y geológicas de los potenciales emplazamientos.
- Vida útil.

3.5 Localización

3.5.1 Análisis territorial para la idoneidad ambiental de emplazamientos

Se debe realizar una valoración preliminar del territorio por parte de la municipalidad para analizar, desde el punto de vista ambiental, su aptitud para acoger las infraestructuras necesarias para la implementación del Modelo de Gestión.

3.6 Organización y control de los sistemas de reciclaje

En muchos países, incluyendo varios estados miembros de la UE, Estados Unidos y Japón, la trituración de residuos de construcción y la reutilización de materiales para relleno la realizan habitualmente los contratistas de demolición. Estas actividades de reciclaje se llevan a cabo de acuerdo a la propia iniciativa de los empresarios, quienes evalúan los costos de la operación o las condiciones concernientes al depósito de residuos de la construcción sin regulación real o coordinación desde las autoridades. [46]

Por lo que se hace necesario realizar el control y la coordinación del tratamiento de residuos. Los beneficios que se pueden obtener con este control del tratamiento de los residuos de la construcción incluyen los siguientes:

- Reducción de los residuos que se vierten y por lo tanto una óptima utilización de la capacidad disponible del vertedero.
- El mayor reciclaje posible de los residuos de la construcción y una óptima utilización de los productos reciclados.
- La coordinación de los diferentes y posibles conflictos de intereses relacionados con la demolición y el vertido de los residuos de construcción.
- La limitación y prevención de los daños medioambientales respecto a un incorrecto tratamiento de estos residuos, especialmente por vuelco y depósito de residuos contaminados de la construcción.

Dado que el reciclaje de residuos de la construcción está especialmente dirigido a suplir las materias primas, entonces es apropiado que sean las propias autoridades las que controlen y coordinen las actividades de reciclaje desde una completa evaluación de la gestión de materias primas en cada región, incorporando en el análisis global lo concerniente a la protección ambiental.

El control de los RCD que va desde la producción de RCD hasta su reciclado o vertido, depende de sistemas de control aceptables, como por ejemplo **leyes, reglas, impuestos, exenciones, planes de aprobación y control, junto con sanciones**. La mayoría de los RCD se origina en los trabajos de demolición y el permiso para estos trabajos es concedido normalmente por las autoridades de urbanismo. Esto significa que el contratista o propietario de la obra puede ser obligado a dirigir una demolición selectiva y disponer los RCD separados seleccionados en algunas plantas de tratamiento, en caso de existir. En muchos países, la ley obliga a los empresarios a enviar los RCD a una o más plantas que hayan hecho arreglos previos para recibir los RCD a unos precios determinados. El contratista también debe advertir la cantidad y tipo de RCD. Esto garantiza que se lleve a cabo un tratamiento adecuado del tráfico de RCD desde el principio.

Sin embargo si existe un conocimiento de los beneficios económicos y ambientales del reciclaje la “obligación” de una adecuada gestión de los RCD será aceptada por las propias empresas como una actividad necesaria y cotidiana. Lo anterior se logra si en el Modelo de Gestión son considerados los aspectos relacionados con la gestión del conocimiento sobre estos procesos, tanto por parte de las actividades como de los empresarios.

La planta de reciclaje debe asegurar unas mínimas distancias de transporte, es decir situarse lo más cerca posible de donde se originan la mayoría de los RCD y donde se da una más alta demanda de reciclaje de materias primas. Dependiendo de las actividades locales, se pueden habilitar vertederos temporales de RCD y pequeñas plantas móviles que pueden emplearse para un tratamiento primario de los RCD. Una planta regional de reciclaje debería estructurarse para cubrir las demandas locales de materias primas.

La venta de los materiales de las plantas de tratamiento deberían coordinarse con la venta local de materias primas. Esto requiere que las partes interesadas se reúnan para concretar la marcha de los trabajos, por ejemplo Servicios Comunales, empresarios de transporte, construcción, inversionistas, autoridades del CITMA, Planificación Física y el gobierno municipal.

Es importante que se fijen los sistemas de reciclaje, las estrategias con objetivos explícitos y apropiados para el tratamiento de los residuos. Estas estrategias se

tienen que concertar con la situación de la política local referente a los proyectos de reconstrucción, desarrollos de nuevas inversiones, etc.

3.6.1 Factores a tener en cuenta en la implementación del reciclaje.

La implementación del reciclaje implica la necesidad de tener en cuenta diversos factores, que en realidad van actuar como limitantes. Por eso es importante tener conocimiento de las mismas y realizar un balance entre los factores que favorecen y los que limitan su concreción.

- **Mercados para los Materiales Reciclados:** es necesario tener garantizado un mercado de consumo mínimo, vinculado a un programa integral que incluya proyectos educativos y de concientización, de recolección de RCD, normativas, etc. Además, los costos de los materiales recuperados deben ser competitivos, lo que ocurre naturalmente cuando existe falta de materias primas y lugares de vertido adecuados.
- **Calidad:** se debe garantizar que la calidad de los materiales recuperados permita obtener un producto de iguales características a los provenientes de materias primas vírgenes.
- **Suministro:** el suministro no es regular, lo que afecta al consumidor de materiales, que necesita adquirirlos para una determinada obra, y a la industria de reciclaje, que no puede garantizar su funcionamiento sin el adecuado suministro de residuos.
- **Normativa:** las prácticas de reutilización y reciclaje de materiales están estrechamente vinculadas a la legislación vigente y al cumplimiento de las mismas. A su vez son importantes las medidas tomadas al respecto en caso de la falta de cumplimiento de las normas y los beneficios para incentivar la instalación de este tipo de industrias. Además deberán existir normas de calidad, para ofrecer estos nuevos productos o materiales a un precio competitivo con los recursos originales.
- **Costo de alternativas para el manejo de residuos:** la elección entre las “opciones” para el manejo de los residuos va a estar vinculada también al costo de las diferentes alternativas. Si bien desde el punto de vista ecológico

no hay discusiones al respecto, sí las hay desde lo económico. Las empresas privadas buscan una actividad que les sea redituable.

- **Costo de las Instalaciones:** el reciclaje requiere de industrias particulares, cuyas instalaciones requieren de grandes inversiones con escasa rentabilidad económica inicial. Por eso es necesario que en un principio el gobierno financie este tipo de actividades, hasta que la conciencia ambiental se generalice, y el sector resulte rentable, convirtiéndose en actividades atractivas desde el punto de vista económico.
- **Conciencia ambiental:** este programa integral debe estar sustentado por la conciencia ambiental generalizada de la sociedad en relación a la conservación de los recursos y las prácticas ecológicas, y a una educación ambiental que permita el cambio de costumbres de la sociedad de adquirir, consumir y desechar.

En nuestra sociedad no existe esta conciencia ambiental, lo que condiciona de manera negativa el desarrollo de actividades ambientalmente sustentables.

Lo cierto es que si bien, el reciclaje insume energía para el re-procesamiento de la materia, y el transporte de los materiales hasta las plantas de tratamiento, reduce la presión que la extracción de nuevos recursos produce sobre el ambiente. [55].

Aunque la cuantificación del volumen de producción y composición de los RCD todavía se enfrenta al problema de la falta de datos o estadísticas fiables en muchos países, lo que ha obligado hasta el momento (salvo en casos contados) a manejar estimaciones efectuadas a través de cálculos indirectos o basados en muestras de limitada representatividad, Cuba no escapa a este problema y en especial el territorio, a pesar de mencionar datos en el capítulo II en el caso de los vertederos el cálculo es aproximado. [40].

3.6.2 Protección del Medio Ambiente teniendo en cuenta los RCD.

Ante la cada vez más generalizada demanda social de protección del medio ambiente, reduciendo las numerosas y algunas veces irremediables agresiones que en el entorno provoca la acción del hombre, se pueden adoptar dos actitudes:

- a) Una “**postura pasiva**” que asuma y acepte que se produce la agresión ambiental disponiendo (cuando se puede o se conocen) las medidas reparadoras del daño realizado que devuelva el medio a sus condiciones iniciales.
- b) Comprometerse con el medio ambiente en una “**postura activa**” que disponga los medios tecnológicos, económicos y sociales necesarios para que no se produzca el daño ambiental. Por tanto se hace necesario tener en cuenta la forma de minimizar los RCD con el fin de conservar los recursos naturales, evitar el consumo y contaminación energética por la fabricación, transporte de productos y limitar las necesidades de suelo para su depósito y las afecciones originadas.

El origen de los RCD según varios autores [15] se pueden dar tanto en las decisiones y especificaciones del proyecto como en los procedimientos seguidos durante su ejecución, mantenimiento y posterior demolición. Por tanto es necesario la vinculación del proyectista en cuanto a responsabilidad definir la generación de los RCD desde dos niveles diferentes:

- Desde las ideas conceptuales
- Desde las especificaciones y prescripciones técnicas

El segundo supuesto es el más directamente relacionado con el grado de calidad del proyecto y supone distintos niveles de decisión.

En primer lugar mediante la adopción de soluciones constructivas con menor producción de residuos (losa de cimentación frente a la cimentación por pozos, estructura metálica frente a la de hormigón o el empleo de elementos prefabricados frente al hormigonado “in situ”).

En segundo lugar evitando las demoliciones parciales, reformas, ampliaciones, etc. que se producen al no poder aceptar la ejecución de una unidad que ha sido defectuosamente ejecutada a causa de una información insuficiente o errónea, reduciendo no solamente los conocidos “errores de proyecto” [sino mejorando el nivel de especificación técnica del material y la unidad de obra que evite los errores de interpretación, suministro, posición y ejecución.

Sin embargo ésta es solamente una respuesta parcial, aunque interesante e imprescindible, al “compromiso activo” que, a criterio del autor se debe entender, y adoptar en defensa de medio ambiente.

Para completar este análisis es necesario diseñar y especificar los sistemas constructivos con el criterio principal de minimizar su impacto ambiental, sustituyendo los materiales y elementos convencionales por aquellos que sean ambientalmente “correctos”. Estos productos se denominan “verdes” aun cuando por reflejar la idea de producto “no contaminante” denominados materiales “ecoficiente”.

El análisis y la elección de las unidades constructivas ecoeficientes es un complejo proceso que debe interrelacionar aspectos que contemplan los efectos de la extracción de las materias primas, el consumo energético, la contaminación, la generación de residuos, etc.

Es preciso por ello emplear procedimientos especialmente diseñados a tal fin entre los que destacan por su aplicabilidad el conocido como Análisis del Ciclo de Vida o ACV (Life Cycle Analysis LCA) que contempla todas las etapas de un producto, desde su extracción, elaboración, transporte, uso y depósito en un vertedero, mediante la determinación de las “cargas ambientales” que se pueden asociar a un producto o proceso a lo largo de su ciclo de vida. [32, 55, 58].

3.6.3 Consideraciones Medioambientales

Aparte de las ya conocidas repercusiones ambientales asociadas a los trabajos de construcción y demolición (producción de ruidos y vibraciones, polvo, contaminación atmosférica, interferencias en el tráfico rodado o peatonal, etc.), conviene recordar aquí otros aspectos ligados al transporte, tratamiento y/o eliminación de los RCD.

A este respecto, el transporte de RCD presenta efectos similares a los de cualquier otro transporte pesado, como la contaminación del aire por los gases de escape, la producción de ruido y vibraciones, el consumo de recursos energéticos y sus efectos derivados, etc.

En esta área, la recuperación y reciclado de los RCD tiene repercusiones beneficiosas en cuanto a disminuir los impactos ambientales asociados al transporte, debido básicamente a las reducciones de las cantidades de materiales a eliminar en lugares de vertido más distantes y de las cantidades de materiales vírgenes que son sustituidos por los recuperados.

No obstante, el vertido de RCD puede causar impactos negativos si se realiza de forma incontrolada o en zonas de alto valor ecológico y/o económico, por no mencionar los problemas de inestabilidad geotécnica frecuentes en estos lugares de vertido.

Por otro lado, las actividades de recuperación de RCD presentan aspectos ambientales positivos y negativos. Entre los primeros cabe destacar la prolongación de la vida útil de los espacios de vertido, los ahorros de consumo de materiales vírgenes o importados y de consumo energético asociado a la fabricación de productos a los que sustituyen, así como la preservación de espacios naturales debido a una menor necesidad de explotación de recursos minerales.

En la vertiente negativa cabe destacar la generación de polvo, ruido, vibraciones y aguas residuales, además de las afecciones producidas en los emplazamientos de las plantas de reciclado o las posibles distorsiones del entorno socioeconómico ligadas a desplazamientos de la mano de obra y recursos desde las actividades extractivas y de producción de materiales vírgenes a las de recuperación y reciclado [40].

3.7 Limitaciones en la Gestión de los RCD.

En todo caso, merece la pena profundizar en los aspectos que, potencialmente o de hecho, pueden suponer limitaciones a las actividades de aprovechamiento de los RCD. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- **Condiciones de carácter técnico**, que básicamente se refieren a dos aspectos: La influencia que las técnicas y prácticas de demolición utilizadas

tienen en la calidad de los residuos obtenidos y, consecuentemente, en las posibilidades de aprovecharlos en condiciones económicamente viables. Como norma general, la capacidad de aprovechamiento de un RCD (o fracción del mismo) es mayor cuanto mayor es la pureza del mismo y menor la presencia de elementos indeseables para el futuro uso que se pretende. En este sentido, el sector de demolición viene desarrollando desde hace años nuevos procedimientos (como la demolición selectiva) en la línea descrita. En todo caso, la aplicabilidad real de los mismos queda condicionada por aspectos económicos (incremento de los costes de demolición, existencia de cláusulas de penalización por demora en el plazo de demolición, etc.).

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

En este sentido, los costes de tratamiento están limitando seriamente la recuperación de casi todas las fracciones minoritarias de los RCD mezclados, a excepción de la madera y los plásticos, que pueden separarse a costes razonables mediante técnicas basadas en las diferentes densidades de los mismos y el resto de los componentes.

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

En el primer caso, la existencia de normas puede limitar la recuperación de materiales. Si bien algunas de estas normas responden a razones técnicas justificadas (como por ejemplo, evitar el uso de áridos de demolición con un

contenido significativo de sulfatos solubles en la fabricación de hormigón), otras reflejan más la calidad de los materiales vírgenes habitualmente usados que las necesidades del usuario.

En el segundo caso, en la medida que una política clara está ausente de un determinado ámbito geográfico, los costes de eliminación sin aprovechamiento de los RCD suelen ser bajos como para ejercer un efecto disuasorio sobre los productores y orientar la solución hacia la reutilización o reciclado.

- **Condicionantes impuestos por el mercado de productos recuperados**, que, incluso en condiciones económicas ventajosas para estos productos, pueden actuar en tres sentidos:

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

Por otra parte, los materiales recuperados suelen ser mucho más sensibles a las fluctuaciones de la demanda en el mercado de los materiales vírgenes a los que pretenden sustituir, especialmente cuando las tendencias de aquélla son a la baja. Es más, ciertos ámbitos donde la oferta de determinados materiales vírgenes es amplia, los costes de materiales recuperados no pueden ser competitivos con los de aquellos, salvo en situaciones de extrema demanda. Éste es caso habitual en muchas zonas de cuando de producción de áridos se trata.

Finalmente, la demanda de estos materiales puede verse seriamente afectada si no existe suficiente información acerca de la disponibilidad de los mismos y de su adecuación para utilizarlos en la fabricación de productos secundarios. Este inconveniente puede paliarse mediante la puesta en marcha de figuras similares a las ya existentes "Bolsas de residuos industriales".

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

En este sentido, los países más avanzados en la materia han seguido políticas similares a la línea de penalizar económicamente la eliminación de los RCD sin aprovechamiento, lo cual se ha traducido además en disminuciones de las cantidades totales de RCD producidas.

Uno de los factores a tener en cuenta en la obtención de los áridos provenientes del reciclaje de los RCD son las plantas de reciclado, en las que se desarrollan uno o ambos de los siguientes procesos: separación de componentes y trituración fraccionada.

Las características detalladas de cada una de estas plantas y su grado de complejidad se mencionan en el capítulo I.

En cuanto a los costes de tratamiento de los RCD en estas plantas, dependen en gran medida del grado de complejidad de las mismas o, dicho de otro modo, del nivel de pureza que presentan los residuos a la entrada.

3.8 Programas de I+D+I a implementar en las entidades y a través del Programa de Agenda 21 para reducir los RCD.

- ❑ Elaboración de proyectos de construcción con materiales que faciliten su reciclabilidad.
- ❑ Proyectos que permitan transferir las nuevas y novedosas tecnologías que mejoren los sistemas de prevención y reciclaje.
- ❑ Estudios mediante modelos que faciliten el conocimiento de la composición de los materiales en edificaciones.
- ❑ Proyectos que permitan la utilización del material reciclado.
- ❑ Estudios con mayor profundidad de los áridos reciclados en la región central.

3.9. Estudios de casos

Caso # 1

Tomaremos como ejemplo el tramo de carretera asfaltado recientemente en la ciudad de Santa Clara desde el monumento del Tren Blindado a la Circunvalación

El procedimiento aplicado fue el siguiente: una maquina frezadora para extraer la carpeta de hormigón asfáltico en mal estado.

Datos:

Descripción de la actividad	Unidad de medida	
Distancia a asfaltar	1500 m	
Espesor de capa depositada de asfalto	0.06 m	
Ancho de la vía	6,2 m	
Valor de venta de 1t de asfalto	\$75	
	CUC	MN
	52.5	22.5

Aplicando la siguiente fórmula:

a)
$$Vt = L + A + E$$

Donde:

Vt: Volumen a asfaltar (m³)

L: Distancia

A: Ancho de la Vía

E: Espesor de capa

Para determinar la cantidad de toneladas de hormigón asfáltico a compactar se utiliza la siguiente ecuación:

b) $Tt = Vt * n$

Donde:

Tt: Cantidad de toneladas compactadas

n: Peso específico del hormigón asfáltico

n = 2,5

Resultados:

Descripción de la actividad	Valores	
Volumen a asfaltar	558 m ³	
Asfalto depositado	1395 t	
Volumen material extraído	558 m ³	
Cobro al inversionista	\$104625	
	73237.5	31387.5
	CUC	MN

El volumen del material extraído es proporcional al depositado $V_e = V_t$

Para la realización de una tonelada de asfalto se necesitan 0.8 m³ de áridos (Polvo de Piedra 0.5 m³, Granito y gravilla 0.3 m³) y 0.2 m³ de asfalto.

Por tanto para obtener las 1395 t de asfalto se necesitaron 1116 m³ de áridos (Polvo, granito y gravilla) y 279 m³ de asfalto. Aplicando regla de tres obtenemos los siguientes valores.

c) $\frac{1116 * 0,5}{0.8} = 697,5$

❖ La cantidad de polvo utilizado es de 697.5 m³

d)
$$\frac{1116 * 0,3}{0,8} = 418,5$$

❖ La cantidad de Granito y Gravilla utilizado es de 418,5 m³

Según la literatura consultada al reciclar estos RCD se ahorra entre 15 % y un 20% del costo total de la obra pues la cantidad de áridos a incorporar es mínima. Teniendo en cuenta los 558 m³ extraídos y aplicando la siguiente formula:

$$Mu - Me = Mn$$

donde:

Mu: Cantidad de árido utilizado

Me: Cantidad de materia extraído

Mn: Cantidad de Áridos necesarios

$$1116m^3 - 558m^3 = 558m^3$$

La cantidad de áridos necesario para elaborar las 1395 t de HA es 558 m³, esto suponiendo que se recicla el material.

Aplicando las formulas c) y d) obtenemos la cantidad de Polvo, gravilla y granito presente en el material extraído.

❖ La cantidad de polvo presenta en el material extraído aproximadamente es de 348.75 m³.

❖ La cantidad de Granito y Gravilla presente en el material extraído aproximadamente es de 209,25 m³.

Materiales	U/M	Costo		Total
	M ³	CUC	MN	
Polvo Piedra	M ³	6.58	3.04	9.62
Granito	M ³	6.47	2.96	9.43
Gravilla	M ³	6.47	3.64	10.11

Si la empresa hubiese realizado una adecuada gestión tecnológica para la aplicación de las técnicas del reciclaje ahorraría 5423,05 pesos en ambas monedas por concepto de ahorro de estos materiales, lo que trae consigo la disminución de los costos del producto.

Caso # 2

Una de las decisiones con grandes implicaciones tecnológicas y económicas es la de la capacidad de producción de la planta de reciclaje. Esta magnitud esta muy relacionada con una serie de factores como son: El tiempo requerido para eliminar la cantidad de escombros existentes en las estaciones de transferencias, el monto de la inversión, los gastos de insumo, energía, y costos del producto etc. Es por ello que la decisión de la productividad adecuada debe estar avalada por la cantidad de RCD a triturar y del tiempo requerido para hacerlo, por un análisis económico y financiero que la defina en función de los costos y precios del producto.

A partir de los conocimientos adquiridos en la maestría se proponen los Métodos Dinámicos del VAN y la TIR como indicadores en el análisis de la rentabilidad. Estos métodos se complementan y no se excluyen entre sí. El VAN se fundamenta en el concepto del valor presente. El mejor proyecto es el de mayor VAN y este debe ser positivo. La TIR es el valor del rendimiento interno para el cual el VAN es igual a cero. La regla de decisión indica que la inversión será conveniente si la TIR es mayor que la tasa de interés pertinente en el presente trabajo fijamos ese interés 15%.

Metodología de evaluación para adquirir Maquina de Reciclaje:

1- Calculo del costo de inversión Fija: IF (CUC)

$$IF = Cce + CD + CI \quad (1.1)$$

Cce: Costo de los equipos (CUC)

CD: Costo Directo de instalación y Montaje (CUC)

CI: Costos Indirectos de instalación y Montaje (CUC)

La inversión fija se calcula inicialmente para la capacidad de producción más probable, determinada esta de acuerdo a la cantidad de escombros a procesar y el tiempo requerido para la eliminación de los RCD

2- Calculo del costo de producción CP (CUC)

Se define como:

$$CP = Cu * Qu + Cf \quad (1.2)$$

Cu: Costo variable unitario (CUC/m³)

Cf: costo fijo global (CUC/año)

Qu: Cantidad de unidades en el período de tiempo (m³/año)

3- Calculo del ingreso anual por venta: Ia (CUC/año)

$$Ia = Pu * Qu * 0.4 \quad (1.3)$$

Pu: Precio unitario (CUC/m³)

4- Calculo de la inversión total: IT (CUC)

$$IT = \frac{IF}{0.9} \quad (1.4)$$

5- Determinación del VAN, la TIR y el Tiempo de recuperación.

Aplicación de la metodología:

Consideraciones Generales:

La Planta de reciclaje propuesta es una Citycrusher de la marca Norberg, móvil con una capacidad de **30 – 100 t/h**, o **17.94 – 44.84 m³/h** con un costo de **317,500 CUC**, fácil de transportar en camión, posee trituradora de mandíbulas, cribas para obtener árido, electroimán para separar los aceros del hormigón, alimentación mediante energía eléctrica y una capacidad de diseño anual de **41026 m³/año**, explotada a un **40%** de su capacidad y un peso específico promedio del material a procesar de **2,23 t/m³**. (Ver Anexo XXVIII).

$$Cd = \frac{Cp * ht * 12}{Pe} \quad (1.5)$$

Cd: Capacidad de diseño anual

Cp: Capacidad fabricante

Ht: Cantidad de horas mensuales

12: meses al año

Pe: peso específico promedio de material a reciclar (2,23 t/m³).

- ❖ Años de vida útil para la planta 15 años
- ❖ Capacidad de producción para los cálculos iniciales de 17.94 m³/h (para procesar los RCD en un periodo de 10 años)
- ❖ Valoración se hace en CUC

I. Cálculo de la Inversión Fija. (IF)

a) Calculo de costo de la Planta se obtuvo a través de la Comercializadora Escambray perteneciente al MICONS \$317,500 CUC

b) Calculo de los costos directos de instalación y Montaje CD

Tabla 1. Costos directos para 17.94 m³/h

Por concepto de	Costos
Infraestructura para instalación de equipos (15% de Cce)	47625
Total CD	47625

c) Cálculo de los costos Indirectos de instalación y Montaje. CI

Tabla 2. Costos Indirectos para 17.94 m³/h

Por concepto de	Costos
Gastos constructivos (15% de CD)	7143.75
Imprevistos (14% CD)	6667.5
Total CI	13811.25

d) Calculo inversión Fija: (IF), sustituyendo los valores en la expresión 1.1 obtenemos el siguiente resultado.

$$IF = 317\ 500 + 47\ 625 + 13811 = 378936.25 \text{ CUC}$$

II. Calculo del Costo Total Anual de Producción

En la tabla 3 se muestran los valores para estos cálculos, en la tabla 1,2,3 del **Anexo XXVII** se muestran los datos utilizados para determinar los costos por concepto de mano de obra, consumo de combustible y de electricidad.

Tabla 3. Costos de producción para 17.94 m³/h

Indice	CUC/año
Mano de obra	15300
Electricidad	16431
Combustible	7158
Mantenimiento y Rep. (4% IF)	15157
Suministro (15% de Mant. Y Rep.)	2273
Laboratorio (20% MO)	3060
Seguros (0,4% de IF)	1515
Total de CP	60894

III. Cálculo del Ingreso Anual por venta: I_{av}

El cálculo de ingreso anual por venta se desarrollo mediante la expresión 1.3 para ello se utilizaron, como datos básicos la capacidad de producción ya establecida ($41026 \text{ m}^3/\text{a}$) y el precio de venta suponiendo una calidad optima del árido (arena) $10,48 \text{ CUC}/\text{m}^3$. El valor obtenido es:

$$I_{av} = 171980.99 \text{ CUC/año}$$

IV. Cálculo de la Inversión total: (IT)

Haciendo uso de la expresión 1.4 el valor obtenido es de:

$$IT = 421040 \text{ CUC}$$

V. Determinación del VAN, la TIR y TRI.

Con toda la información adquirida y aplicando las técnicas de computación se desarrollo el flujo de caja de la inversión propuesta. (Ver Tabla 1 Anexo XXV)

Los resultados de estas operaciones fueron:

$$\text{VAN} = \$164,718.81$$

$$\text{TIR} = 27\%$$

Para la determinación del Tiempo de Recuperación de la Inversión se utilizaron los resultados del Flujo de Caja Acumulado (Tabla 1 Anexo XXV), La curva representada en la grafica 1 del (Anexo XXVI) es el resultado de estas operaciones. Se aprecia que para una Capacidad de producción de $41026 \text{ m}^3/\text{a}$ y un precio de venta de $10.48 \text{ CUC}/\text{m}^3$ y un 40% de aprovechamiento de la capacidad de la planta los valores del Flujo de caja comienzan a ser positivos a partir de los 5 años, tiempo considerado por el autor razonables.

Conclusiones Parciales:

1. Se aprecia que el Modelo de Gestión propuesto mediante las UTG ubicadas que deben existir en el territorio (Villa Clara) permitiría el máximo aprovechamiento de los RCD generados en la región , entiéndase empresas y ciudadanos.
2. El reciclaje de los RCD ofrece un amplio número de posibilidades para reducir el nivel de residuos. Está comprobado que una cantidad de material reciclado puede usarse para reemplazar las caras materias primas. Es cierto, están las barreras de la tradición, pero hay que vencerlas para ilustrar que la reutilización de residuos de la construcción es el camino del futuro.
3. Las demandas de la construcción de vivienda y otras edificaciones son constantes y progresivas, por tanto mediante los áridos reciclados se disminuirían los costos cada vez más caros de la materias primas y contribuir con estos materiales reciclados a lo que llamamos construcción sostenible.
4. En nuestro país en general, y en la región en particular, las políticas ambientales quedan relegadas, satisfaciendo otro tipo de necesidades, consideradas por el Estado, prioritarias.
5. Todavía no se ha tomado conciencia de la necesidad de recurrir a prácticas más ecológicas en reemplazo del ciclo: consumir, utilizar y desechar; y de que la preservación de los recursos se logra a través de los conceptos de: reducción (de la extracción de los mismos y la producción a partir de materias primas vírgenes); prevención (de la producción de residuos); reutilización (de los materiales y componentes constructivos las veces que sea posible) y reciclaje (de materiales y componentes constructivos que no puedan ser reutilizados).
6. Las normas establecidas que en este caso son para RSU deben ser revisadas pues no cumplen las expectativas en cuanto al reciclado de los RCD, con el objetivo que se trate con profundidad el tema de los residuos de construcción específicamente como tienen implementado otros países.

7. Es vital la creación de la infraestructura por parte de la municipalidad para establecer los mecanismos necesarios para recepcionar todos estos RCD, aspecto que en la actualidad no esta resuelto.
8. Mediante el estudio de casos se justifica la adquisición de una planta de reciclaje atendiendo a los valores obtenidos del VAN y la TIR, y donde la inversión se recuperaría en un tiempo corto, además de la importancia de la consideración de políticas que incentiven la aplicación de los aspectos ambientales.

CONCLUSIONES:

- 1) A través del presente trabajo se demostró que una de las soluciones más eficientes para el tratamiento de los RCD desde el punto de vista económico y ambiental lo constituye el reciclaje, pues permite el ahorro de materiales utilizados en la construcción, disminuyendo la extracción en las canteras al disminuir los costos mediante la reincorporación de áridos reciclados, cerrando de esta manera el ciclo de vida de los materiales.
- 2) Se hace necesario la creación de Unidades Técnicas de Gestión en todos los municipios del territorio para una adecuada caracterización de los RCD según su tipo.
- 3) En el estudio realizado se evidencio la no existencia en las entidades del MICONS, así como en el territorio de un Modelo de Gestión de RCD adecuado que permita el reciclaje de estos elementos, por no tener la infraestructura necesaria, es por ello que se propone el Modelo de Gestión del presente trabajo como herramienta para el tratamiento de los RCD, no solo a las empresas del MICONS, sino además para la ciudad de Santa Clara.
- 4) A pesar de que existe una Política Ambiental, una resolución del MICONS para el tema ambiental hay desconocimiento sobre el reciclaje de los RCD, de la gestión tecnológica y de los beneficios que reporta la utilización de estas técnicas.
- 5) Se comprobó la no existencia de una adecuada gestión de la Ciencia y la tecnología para enfrentar esta problemática, debido al desconocimiento, la falta de tecnologías disponibles, y el financiamiento para la creación de infraestructuras, mediante la adquisición de estas tecnologías necesarias para tratar los RCD.
- 6) Las Normas Cubanas establecidas son insuficientes o muy escuetas en lo referente al reciclaje de los RCD, ya que limitan solo al vertido final de estos residuos en los vertederos.
- 7) Se demostró que en la región central la demolición como actividad de la construcción no aporta grandes volúmenes de residuos, las actividades de demolición son muy puntuales.

- 8) Los estudios de casos demostraron la factibilidad técnico económica para la asimilación de estas tecnologías, por lo que se justifica la adquisición de una planta móvil para el reciclado, aspecto que permitiría reducir el nivel de escombros que se generan en el territorio, disminuyendo así el impacto ambiental.
- 9) No existen Proyectos de Desarrollo en el territorio que traten esta temática e incentiven la incorporación de los aspectos ambientales en los proyectos constructivos que se desarrollen.

RECOMENDACIONES:

- 1) Continuar profundizando en este tema que a nuestro entender es de vital importancia para el desarrollo de las entidades del territorio y de la propia municipalidad.
- 2) Aplicar el Modelo de Gestión de los RCD no solo en las entidades del MICONS en el territorio, sino a otras con características similares, además de poner a disposición de la empresa de Servicios Comunes como una herramienta de trabajo para la toma de decisiones.
- 3) Elaborar un Proyecto de desarrollo e incluir dentro del Plan de Ciencia e Innovación Tecnológica de la Empresa de Producciones Industriales de VC, perteneciente al GECONS VC y elevarlo al ministerio para insertarlo dentro de los programas Ramales del ministerio.
- 4) Es necesario la confección de una NC que trate con profundidad el tema de los RCD propiamente como en otros países donde existen normas, regulaciones, decretos, los cuales tratan con profundidad y rigor.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar A. Reciclado de Materiales de la Construcción. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>
2. Albert C., albert S. Reutilización y Reciclaje de los Residuos del sector de La Construcción. Ambienta (Esp) 2007; 20(3), 59 – 68.
3. Alcalde Juan. Residuos de construcción y demolición. Globo Terráqueo. España, Marzo/Abril 1999.
4. Amores J. C. Procesamiento y reciclaje de productos y materiales pétreos de la construcción. Trabajo de Diploma. UCLV Cuba 1999
5. ANDALUCÍA. Medio Ambiente reutiliza los residuos de la construcción en la adecuación de caminos forestales - Forestal y Cinegética. Disponible en: <http://www.agroinformacion.com/leer-noticia.aspx?not=34377>
6. Barra M. Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación como hormigón armado. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona 1996.
7. Basuco, R. S. Utilización de agregados reciclados de concreto para la producción de nuevos concretos. Curso de Postgrado en Ingeniería Civil. Universidad Federal de Santa Catarina. Brasil, 1999
8. Brito Filho, Jerson A. Ciudades versus Residuos. Seminario sobre desarrollo sustentable y el reciclaje en la construcción civil. Comité técnico IBRACON, Sao Paulo 1999
9. Cabrera, J. L.A. Morteros de Albañilería en escombros de demolición. Materiales de Construcción, v.47, n.246. España. Abr/jun,1997, p.43-80
10. Cadalso Francisco. La gestión de los residuos sólidos en la comunidad de Madrid. Revista Economía y Sociedad. España, octubre 1992
11. Campos, H. K. Programa para la corrección de deposiciones y reciclaje de residuos en Belo Horizonte. Seminario para la reducción de residuos de la construcción Habitacional. Belo Horizonte, 1994.
12. Cincotto M. A. Utilizao de subproductos e residuos na indústria da construcao Civil. Simposio de desempeño de materiales y componentes de construcción civil. Florianapolis. Brasil ,1998
13. Cirelli Angulo S. Variabilidad de los agregados gruesos de residuos de la construcción y demolición. Tesis de Maestría. Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo. Brasil 2000
14. Colectivo de autores de la Fac. de Ing. Civil ISPJAE. Materiales de la Construcción. ENPES Cuba, 1985
15. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2000. Natalini, M.; Klees, D.; Tirner, J. "Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición". Dpto. de Estabilidad – Facultad de Ingenieria UNNE.

16. Candil C. Creación de una empresa de reciclaje. Disponible en: <http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/Del%202006/PROYECTOS%20I+D%20Y%20RELEVAMIENTOS/05%20-%20RAFAELA%20-%20Relevamiento%20de%20residuos.pdf>
17. Cruz, Eugenio Rubén. Participación Social en Programa de Reciclaje. Maestría de Gestión Ambiental. Modulo 5: Gestión, Organización y Participación Social. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE. 2000. Pag. 21.
18. Coutinho A. S. Fabrico e propiedades do betao. Laboratorio Nacional de Ing. Civil. Lisboa 1997
19. Domingo A. Edificaciones sostenibles. Estrategia de investigación. Materiales de la Construcción [Revista en Internet] 2006. [Acceso 5, mayo, 2008]; 55280. Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/94>
20. Dorsthorst, B. H. hendriks, CH. F. Re-use of construction and demolition waste in the EU. Simposio sobre construcción y medioambiente – teoría dentro de la practica. Sao Paulo, 2000.
21. Eric K. Producción de Residuos de Construcción y Reciclaje. Residuos [Revista en Internet] 2006. [Acceso el 8 de enero del 2008]; 22(8). Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/>
22. Escribano Bombino M. Utilización de los residuos finos procedentes del tratamiento de áridos. Ingeopres. España 1999
23. Fontanet Sallan L.; Garcías Navarro J. Gestión del medioambiente urbano. Residuos que se generan en la actividad de la construcción. Directiva U.E, Demolition wastw. España, Marzo/abril 1996
24. Fonteboa B. Investigaciones sobre hormigones con áridos reciclados. IV Simposio Internacional de estructuras y materiales de la construcción. Santa Clara, 21 -23 nov. Cuba 2000.
25. Frías San Román J. El libro del reciclaje. Revista Economía y Sociedad. España. Diciembre 1992.
26. F. Puertas, A. Barba, M. F. Gazulla, M. P. Gómez, M. Palacios, S. Martínez-Ramírez. Residuos cerámicos para su posible uso como materia prima en la fabricación de clínker de cemento Portland: caracterización y activación alcalina. Materiales de Construcción [Revista en internet] 2006. [Acceso 3, mayo, 2008]; 56(281). Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/94>
27. Fundación Cultural del Colegio Oficial de Aparejadores de Sevilla. Retirada Selectiva de Residuos: Modelo de Presupuestación. Colección Nivel. Tecnographic, S.L Pag.2.
28. Garrison J. L. Camino al reciclaje. VI Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales del 16 al 18 de Octubre. UCLV. Servicio de Correo del Grupo de Redes . Disponible en: <http://www.fce.uclv.edu.cu>

29. Glinka M. E, Vedoya D.E. Pilar S. Claudia A. Reducción del impacto Ambiental a partir de Estrategias de Reciclaje y Reutilización de Residuos Sólidos Provenientes de la Demolición de Edificios. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-037.pdf>
30. Gonzalo A., Rapiman G. Propiedades Físicas y Mecánicas de bloques de Hormigón Compuestos por áridos Reciclados. Información Tecnológica [Revista en Internet]; 2007. [Acceso el 8 de enero del 2008]; 18(3). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000300010&lng=en&nrm=iso&tlng=es
31. Hansen, T. C.; Hedegard, S. Properties of recycled aggregate concretes as affected by admixtures in original concretes. Revista Materiales, v81, n.1. Argentina, 1984.
32. Huete F, R. Llatas Oliver, C. Gestión de los Residuos de construcción y demolición. Aproximación a un modelo de construcción ecoeficiente. 2005
33. IHOBE. Sociedades Públicas de gestión Ambiental 2004
34. Latterza, L. M. El Concreto como agregado grueso proveniente del reciclaje de residuos de la construcción y demolición. Tesis de Maestría. Universidad de Sao Paulo, 1998
35. Lima, G. L.; Tamai, M. T. Programa de gestión diferenciada de residuos inertes en Santo André. Simposio internacional de calidad ambiental y generación de residuos. Brasil, 1998
36. Luxán P. M, Dorrego F. Perspectivas e investigaciones de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y Demolición. Disponible en: <http://www.arquitectura-tecnica.com/BIA7.htm>
37. Levy, S. M. Reciclaje de residuos de construcción civil, para utilización como agregado de mezclas y concretos. Tesis de Maestría. Universidad de Sao Paulo 1997.
38. Ley No. 81 "Ley del Medio Ambiente." Gaceta Oficial de la Republica de Cuba. 1997
39. Machado JR. E. ; Latterza. Influencia de los agregados gruesos provenientes del reciclaje de desechos de la construcción y demolición. Congreso Brasileiro de Concreto, (CD-ROOM) Sao Paulo: IBRACOM 1998
40. Matilla A. B. Análisis de los componentes en hormigones preparados con áridos Reciclados. Disponible en: <http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Consultas/ASTUDILLO-Beatriz-IV-IBERMAC.pdf>
41. Menéndez Álvarez M. Procesamiento y reciclaje de residuos de demolición. Segundo Simposio Internacional de Estructuras Geotecnia y Materiales de Construcción. UCLV. Cuba .1999.
42. Montgomery, D. G. Workability and compressive strength properties of concrete containing recycled concrete aggregate. Thomas Telford, Londres. 1998.

43. Mueller, A. ; Winkler, A. Characteristics of processed concrete rubble. Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete Aggregate. Thomas Telford Pub, Londres 1998
44. Natalini M. B, Kless D. R. Tirner J. Reciclaje y Reutilización de Materiales Residuales de Construcción y demolición. Disponible en: http://arandu.org.ar/pub/ciencytecnica2000_klees.pdf
45. Nordberg. Soluciones de Reciclado para el Medio ambiente. Revista de Fábrica. España 1999
46. NC 133/2002 Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales. Edición 1. Marzo 2002
47. NC 134/2002 Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales. Edición 1. Marzo 2002
48. NC 135/2002 Residuos sólidos urbanos. Disposición Final. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales. Edición 1. Marzo 2002
49. NC-178:2002 Áridos. Análisis Granulométrico
50. ORENSTEIN and KOPPEL. S.A. Reutilización de escombros de construcción y demolición. Dpto. Técnico de ORENSTEIN and KOPPEL, S.A. Igeopres. España. 1996
51. ORENSTEIN and KOPPEL. Catalogo de Planta Móvil con trituradora de impacto modelo s-3-c 125/125 SR-6. España, 1999.
52. Panigatti M.C., Begliardo H., Griffa C., Boglione R. Relevamiento de Residuos de construcción y Demolición en la Ciudad de Rafaela y departamento Castellanos – Santa fe. Disponible en: <http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/Del%202006/PROYECTOS%20I+D%20Y%20RELEVAMIENTOS/05%20-%20RAFAELA%20-%20Relevamiento%20de%20residuos.pdf>
53. Pérez, M. Toledano, J. Gallego, J. Taibo. Propiedades mecánicas de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición. Materiales de Construcción [Revista en Internet] 2007 enero-marzo. [Acceso 3, mayo, 2008]; 57, 285. Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/36/48>
54. Plantas móviles de reciclado. Revista Rocas y Minerales. España. Marzo 1996.
55. Plan Nacional de Residuos. Boe 2 de Febrero de 2000.
56. Pinto, T. P. Reciclaje de residuos da construação urbana no Brasil. Taller sobre la situación en el reciclaje y reutilización de residuos de materiales de construcción Civil. Sao Paulo. EPUSP/ANTAC, 1996

57. Pinto, T. P. Recycling in construction sites: environmental responsibility and cost reduction. Simposio sobre construcción y Medioambiente (CD-ROOM) Brasil 2000.
58. Predicciones. S. Griffiths. Taurus. 2000.
59. Quebaud, M. Caracterización de granulados reciclados. Tesis Doctoral, Universidad de Artois. Francia, 1996.
60. Resolución Económica del V Congreso del PCC. Editorial Ciencias Políticas 1998
61. Resolución 117 del 2002 del Ministro de la Construcción.
62. Reportaje Noticiero nacional de la televisión Cubana. Sábado 19 de diciembre del 2008.
63. Rolón Aguilar, D. Nieves Mendoza, R. Huete Fuertes, B. Blandón González, A. Terán Gilmore, R. Pichardo Ramírez. Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. Materiales de Construcción [Revista en Internet] 2007 octubre-diciembre. [Acceso 3, mayo, 2008]; 57(288). Disponible en :
<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/61/74>
64. Sistema de reciclaje de hormigón con potente dosificador. Disponible en: http://www.construnario.es/notiweb/titulares_resultado.asp?regi=12254
65. Sistema de reciclaje de hormigón. Disponible en: <http://www.amiclor.org/opciones/recic.shtml#recic.2>
66. Suárez F. J. Gestión de Reciclado y reutilización de materiales de Construcción. Segundo Simposio Internacional de Estructuras Geotecnia y Materiales de construcción. UCLV. Cuba. 1996.
67. Suarez, M; Defagot C.; Carrasco M.F., Marcipar A., Estudio de hormigones con Residuos de Ladrilleria y Demolición 2006. <http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac/Publicaciones/Del%202006/INCLUSION%20DE%20RESIDUOS-NUEVOS%20MATERIALES/02%20-%20SANTA%20FE%20Hormigon%20reciclado%20de%20ladrilleria.pdf>
68. Tenza Francisco J. La problemática de los residuos en el sector de la construcción. <http://www.icce.es/articulo04.htm> Actualizado el 23/12/2001.
69. Mendoza D. I. Construcción de maquinaria para el reciclaje. Tesis de doctorado, Universidad Central de las Villas. Cuba 1997
70. Urcelay Gordobil C. San Jorge R. Situación actual de reciclado de residuos de demolición. Retema. España. Marzo/Abril 1996
71. Vanderley. M. J. Van A. Reciclagem de residuos da construcao. Seminario sobre residuos sólidos Urbanos. Sao Paulo Brasil 2000.
72. V. López, B. Llamas, A. Juan, J.M. Morán. Eco-efficient Concretes: Impact of the Use of White Ceramic Powder on the Mechanical Properties of

- Concrete Biosystem Engineering [Revista en internet] 2007 abril. [acceso 3, mayo,2008]; 96. Disponible en: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WXV-4N7RD9G-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=e563cdd2fa700ffcb9f56a0eabdabd2
73. Verniers, R. Port de Gennevilliers. Instalación de reciclaje de la SEG. Mines et Carrieres. Industria de Minerales. España, Mayo 1995.
74. ZEGA, C.J, D. I MAIO, A.A.. Efecto del agregado grueso reciclado sobre las propiedades del hormigón. Boletín Técnico [Rev Internet] 2007 julio. [acceso 3, mayo, 2008]; 45, (2). Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0376-723X2007000200001&script=sci_abstract
75. Zordan, S. E. La utilización de residuos como agregado en la confección de concreto. Tesis de Maestría, Universidad Estatal de Campiñas. Chile 1997.
76. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/almolina.htm>
77. Diagnósticos Ambientales [EPI VC 2008, Industria de Materiales, Ecoing #25, ECOAI # 1]

Anexo I.

Clasificación de los RCD de acuerdo con el tipo de actividad.(Santa Fe de Bogota, Colombia)

17 RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (INCLUYENDO LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS)

17 01 Hormigón, ladrillos, tejas, materiales cerámicos y materiales derivados del yeso

17 01 01 Hormigón

17 01 02 Ladrillos

17 01 03 Tejas y materiales cerámicos

17 01 04 Materiales de construcción derivados del yeso

17 01 05 Materiales de construcción derivados del amianto

17 02 Madera, vidrio y plástico

17 02 01 Madera

17 02 02 Vidrio

17 02 03 Plástico

17 03 Asfalto, alquitrán y otros productos alquitranados

17 03 01 Asfalto que contiene alquitrán

17 03 02 Asfalto sin alquitrán

17 03 03 Alquitrán y productos alquitranados

17 04 Metales (incluyendo sus aleaciones)

17 04 01 Cobre, bronce, latón

17 04 02 Aluminio

17 04 03 Plomo

17 04 04 Zinc

17 04 05 Hierro y acero

17 04 06 Estaño

17 04 07 Metales mezclados

17 04 08 Cables

17 05 Tierra y lodos de drenaje

17 05 03* Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas

17 05 04 Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03

17 05 05* Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas

17 05 06 Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05

17 06 Materiales de aislamiento

17 06 01* Materiales de aislamiento que contienen amianto

17 06 02 Otros materiales de aislamiento

17 07 Residuos de construcción y demolición mezclados

17 07 02* Residuos de construcción y demolición mezclados o fracciones separadas que contienen sustancias peligrosas

17 07 03 Residuos de construcción y demolición mezclados distintos de los especificados en el código 17 07 02

Titulo Trabajo: VALORACIÓN DEL ORIGEN DE LOS RP y RCyD PARA SU USO EN OBRAS CIVILES EN SANTA FE

Autores: M. L. Heinz, J. O. Casarotto, R. V. Ferrando, J. S. Albrecht

Anexo II.

Tabla 1.3 Cifras de producción de RCD en algunos países

País	Producción Mton/año	Producción Per cápita (Kg/Hab)
Suecia	1,2-6	136-680
Holanda	12,8-20,2	820-1300
EUA	136-171	463-584
Bélgica	7,5-34,7	735-3359
Dinamarca	2,3-10,7	440-2010
Italia	35-40	600-690
Alemania	79-300	963-3685
Japón	99	785
Portugal	3,2	325
Brasil	*	230-660

Vanderley (26) Mton (Millones de toneladas)

* Datos no reportados

Tabla 1.3.1 Cifras de producción de RCD en los EE.UU

Residues from Construction and Demolition by State (Dry tons)			
State	Demolition	Construction	Total
Alabama	756,670	97,340	854,010
Arizona	14,410	152,970	167,380
Arkansas	254,800	44,660	299,460
California	11,530	1,288,300	1,299,830
Colorado	12,860	166,950	179,800
Connecticut	19,040	102,160	121,200
Delaware	1,590	28,700	30,290
Florida	710,340	536,140	1,246,480
Georgia	262,520	263,920	526,430
Idaho	83,570	50,100	133,670
Illinois	25,720	439,390	465,100
Indiana	64,290	204,710	269,000
Iowa	25,720	77,150	102,860
Kansas	803,600	79,840	883,440
Kentucky	1,729,530	89,470	1,819,000
Louisiana	424,660	84,960	509,620
Maine	63,470	35,790	99,270
Maryland	15,870	212,560	228,430
Massachusetts	12,690	166,900	179,600
Michigan	38,570	322,840	361,420
Minnesota	507,870	173,520	681,400
Mississippi	509,590	47,130	556,720
Missouri	25,720	161,510	187,230
Montana	12,860	19,960	32,820
Nebraska	122,150	53,460	175,610
Nevada	11,530	102,140	113,660
New Hampshire	1,590	31,680	33,270
New Jersey	1,590	243,210	244,790
New Mexico	46,330	36,980	83,300
New York	155,510	455,070	610,580
North Carolina	470,990	270,110	741,100
North Dakota	1,125,030	14,660	1,139,700
Ohio	469,300	340,690	809,990
Oklahoma	30,880	61,110	92,000
Oregon	17,290	165,790	183,080
Pennsylvania	7,930	303,920	311,860
Rhode Island	6,350	26,600	32,940
South Carolina	972,860	103,250	1,076,110
South Dakota	141,430	20,980	162,410
Tennessee	509,590	145,030	654,620
Texas	370,610	518,760	889,370
Utah	126,790	77,380	204,170
Vermont	1,590	17,050	18,630

Virginia	169,860	238,150	408,010
State	Demolition	Construction	Total
Washington	97,980	288,580	386,560
West Virginia	223,910	32,980	256,900
Wisconsin	225,010	189,980	414,980
Wyoming	6,430	15,490	21,910
Total	11,700,000	8,600,000	20,300,000

Source:

Bioenergy Resource and Engineering Systems Program,
Oak Ridge National Laboratory.

Anexo III.

Tabla 1.4 Cifras de producción de RCD en algunos países de la UE

País	Producción Mton/año	Producción Percápita (Kg/Hab)
España *	11	285
Francia	30.4	580
Grecia	ND	ND
Irlanda **	4	110
Luxemburgo	48	185
Reino Unido*	50	900

Alfonso Aguilar [15]

Nota: ND: Dato no disponible

*. Solo incluye residuos de demolición de edificios.

** . No incluye tierras de excavación ni RCD provenientes de obras públicas

Anexo IV.

Tabla 1.5 % de RCD reciclado entre el año 2001 y 2006 de la UE.

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA UE			
Generación y reciclado para 2001 – 2006			
Estado miembro	Escombros Mt	% reutilizado o reciclado	% vertido o incinerado
Alemania	59	17	83
Reino Unido	30	45	55
Francia	24	15	85
Italia	20	9	91
España	13	<5	>95
Holanda	11	90	10
Bélgica	7	87	13
Austria	5	41	59
Portugal	3	<5	>95
Dinamarca	3	81	19
Grecia	2	<5	>95
Suecia	2	21	79
Finlandia	1	45	55
Irlanda	1	<5	>95
Luxemburgo	0	n/d	n/d
TOTAL UE	180	28	72

Tabla 1: Generación y reciclado de RCDs en la UE

Anexo V.

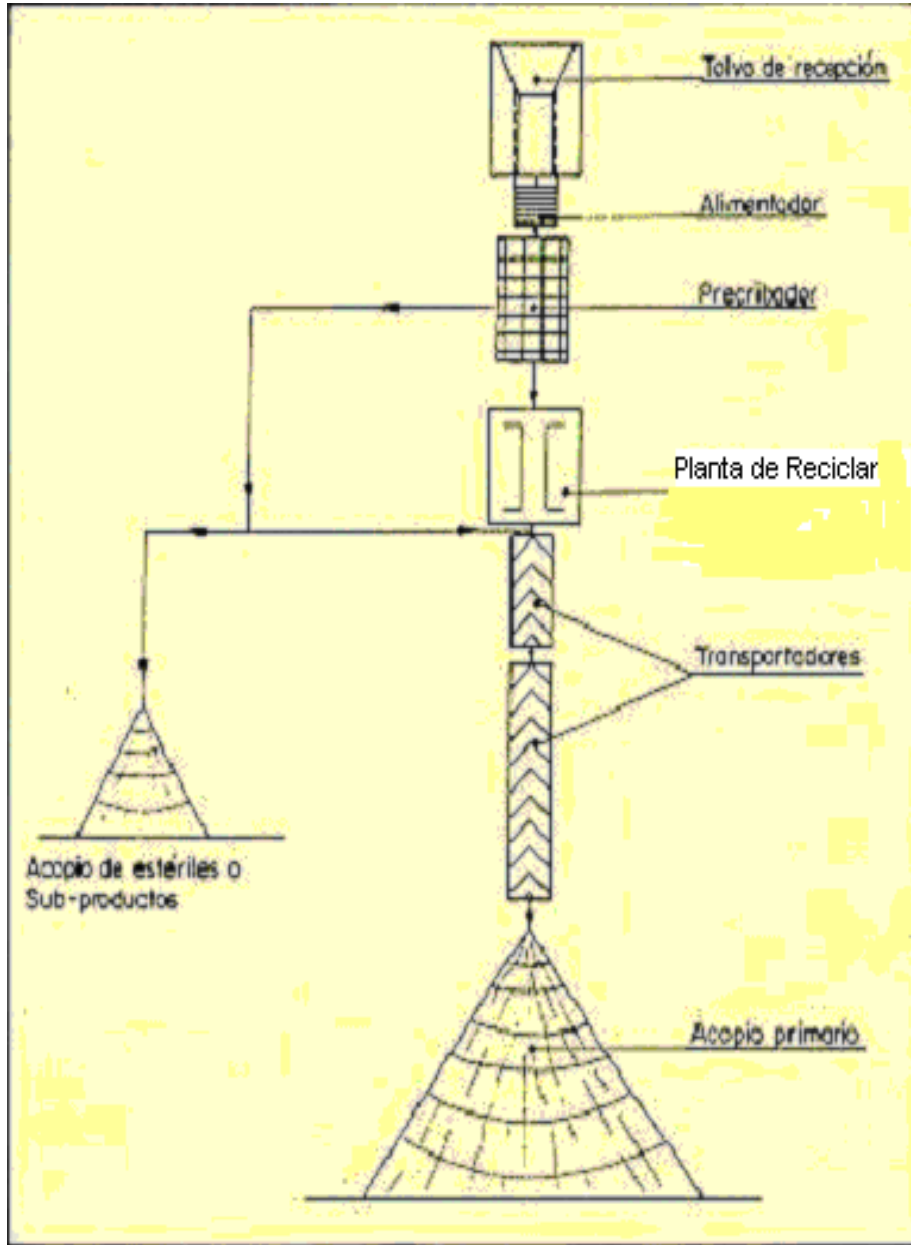
Tabla 1.7 Cantidad de Plantas de Tratamiento de MDC en la UE

País	Cantidad de Plantas	Observaciones
Bélgica	40	El 75% de las plantas son fijas
Dinamarca	17	7 fijas, 7 móviles y 3 semimóviles
Francia	10	Estimación de las existente en torno a Paris.
Alemania	+ de 300	
Irlanda	0	
Italia	5	La mayoría son móviles
Holanda	60	45 fijas y 15 móviles
España	1	Localizada en Barcelona
G. Bretaña	9	3 de ellas fijas

Alfonso Aguilar [12]

Anexo VI.

Esquema trabajo plantas de reciclaje



Anexo VI Continuación

Planta Móvil de reciclaje



Planta estacionaria de reciclaje



Anexo VII

Tabla 1.8. Un ejemplo de las posibilidades de reutilización de los fragmentos de ladrillo y hormigón.

Aplicación	Proyecto ejemplo	Material residual
Agregados en hormigón nuevo	Carreteras de hormigón	Hormigón triturado
	Aeropuertos, puertos y autopistas	"
Agregado en asfalto nuevo	Pavimentos de hormigón en general	"
	Cañerías de hormigón	"
	Alcantarillado de hormigón	"
	Puentes	"
	Construcciones portuarias	"
	Plantas medioambientales:	"
	- planta de tratamiento de agua	"
	- estación de bombeo	"
	- depósito de fertilizante	"
	- vertedero	"
	Edificios (casas, comercios):	Hormigón/Ladrillo triturado
	- cimientos	Hormigón/Ladrillo triturado
	- suelos	
	- divisiones horizontales	
	- paredes	
Cimientos en general	"	
Método de base suelta	Materiales de base suelta en pavimentos y parques	Hormigón triturado
Material de relleno	Pasos de bicicletas	Hormigón/Ladrillo triturado
	Pavimentos	"
	Carreteras forestales	"
	Carreteras internas en la zonas residenciales	"
	Carreteras nacionales	Asfalto/Hormigón /Ladrillo triturado
	Carreteras comarcales	"
	Autopistas, aeropuertos y puertos	"
	Garajes y otros	"
	Zanjas de cables	Ladrillo/Hormigón triturado

Anexo VIII.



Pasarela en la zona del Forum de Barcelona cuyas bases de hormigón armado incorporan árido reciclado



Base del firme realizada con árido reciclado.

Anexo VIII. Continuación



Firmes reciclados in situ en frío.

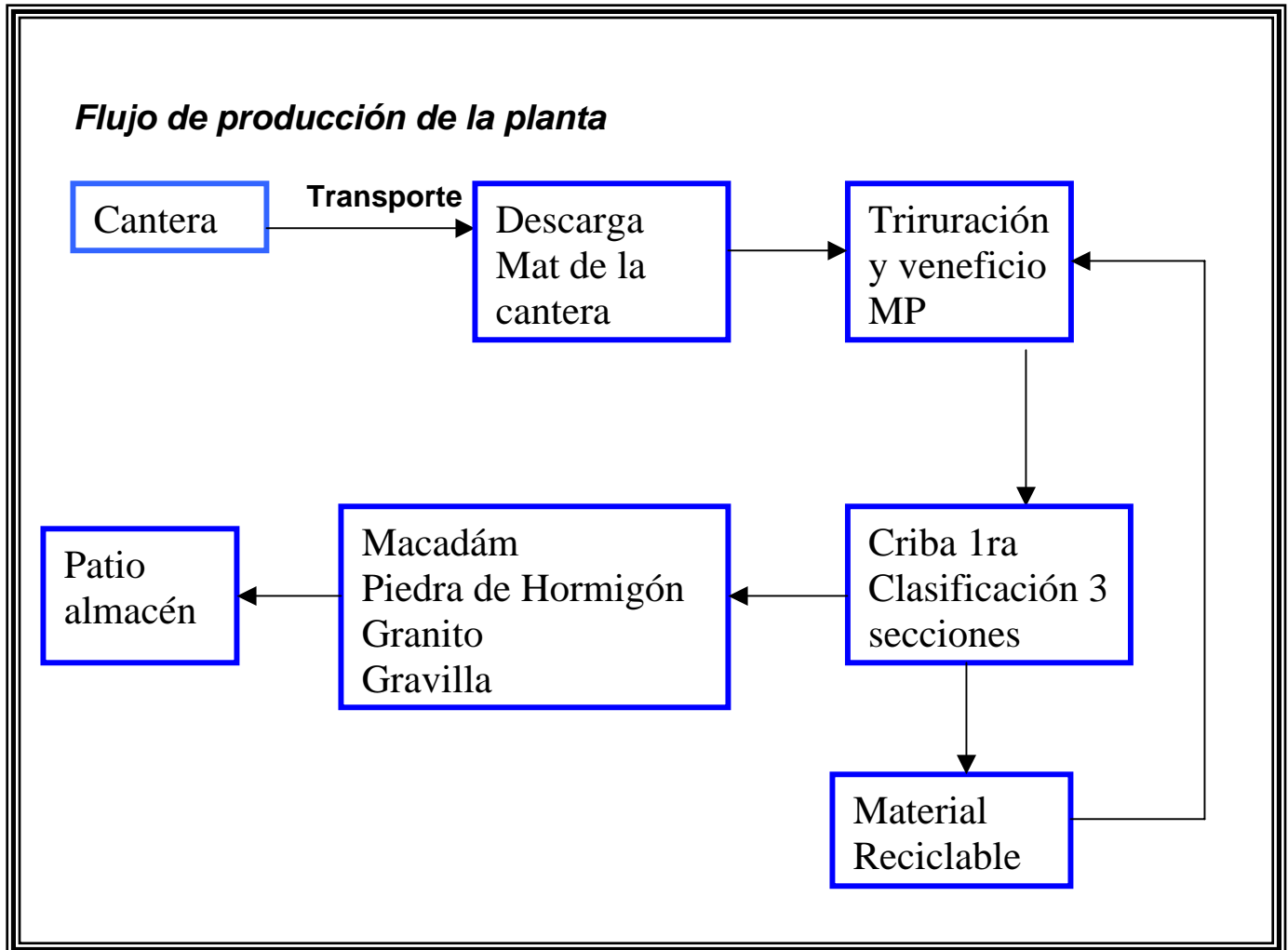


Anexo IX

Árido Reciclado



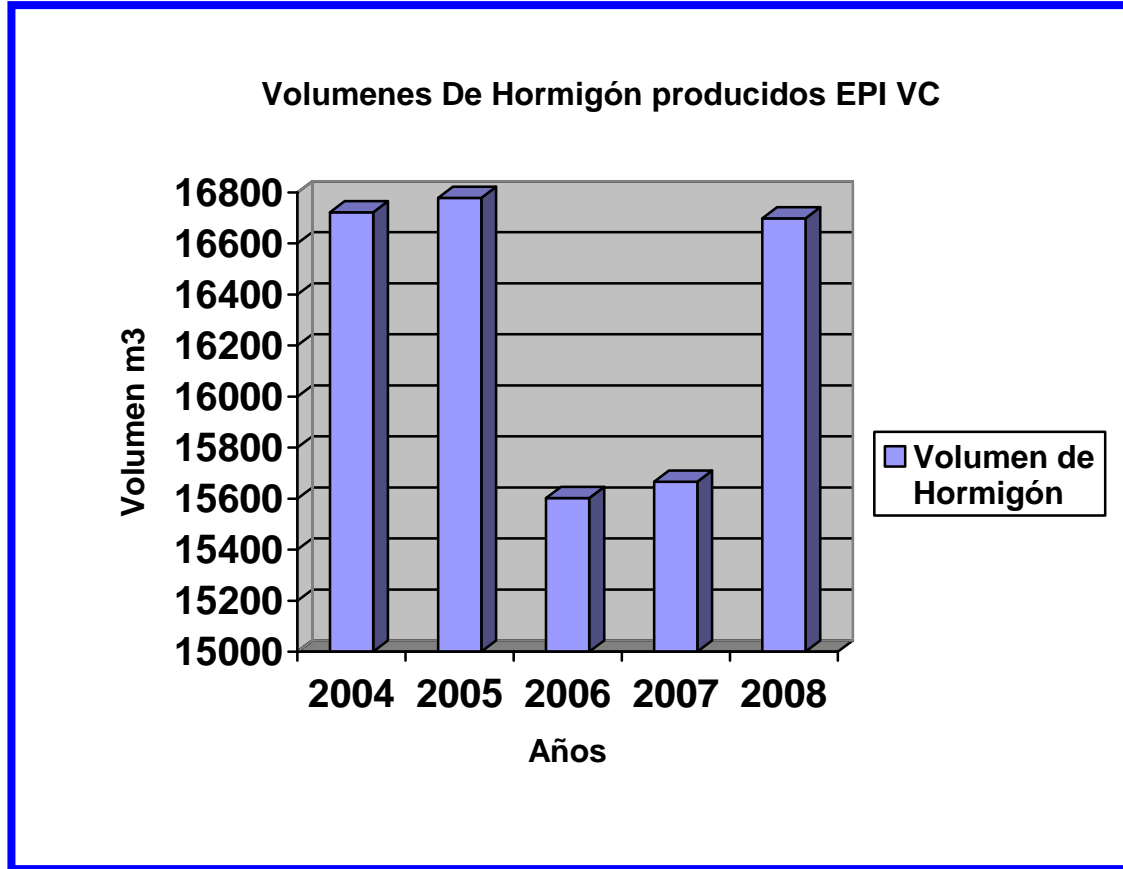
Anexo X.



Nota: El material no clasificado es arena que pasa al Hidrociclón y posteriormente al patio almacén.

Anexo XI

Volúmenes de Hormigón generados por años



Anexo XII.

Planta IMS

Fig. 1 Área donde se depositan los desechos sólidos de la producción



AREA DENTRO DE LA INSTALACIÓN



PROBETAS DE ENZAYO. AREA DENTRO DE LA INSTALACIÓN



MATERIAS PRIMAS

Anexo XIII.

Tabla 2.6 Capacidades de las dovelas de áridos.

Descripción	Capacidad
Dovelas del Baching-plant CH-15	
Gravilla 19.5 mm	100 m ³
Polvo de piedra	100 m ³
Arena artificial	100 m ³
Granito 15.7 mm	100 m ³
Dovelas del Baching-plant CENTRO-MAT	
Gravilla 19.5 mm	100 m ³
Polvo de piedra	100 m ³
Arena artificial	100 m ³
Arena lavada	100 m ³

Tabla 2.7 Capacidades de los silos de cemento.

Descripción	Capacidad
Silos del Baching-plant CH-15	
Silo de Cemento	54 t.
Silo de Cemento	48 t.
Silos del Baching-plant CENTRO-MAT	
Silo de Cemento	42 t.

Tabla 2.9 Capacidades de las dovelas de áridos.

Descripción	Capacidad
Gravilla	635 m ³
Arena lavada o polvo de piedra	500 m ³
Arena artificial	620 m ³

Anexo XIV.

RESULTADOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA INNOVACIONES Y RACIONALIZACIONES AÑO 2005

No.	Nombres de innovaciones y/o racionalizaciones	Efecto Econ.
1	Cambio de Sprokis para aumentar desplazamiento en extrusora de Tecnología Spiroll	8800
2	Conversión de extrusora Tec. Spiroll	18000
3	Recuperación de Sinfines Afectados Tec. Spiroll	10500
4	Instalación de mangueras para descargue de los Silos CH -15 y CH - 30	480
5	Adaptación caja de bolas Kamaz a cloche de Gaz-53	180
6	Adaptación de carrito de winche soviético para la Grúa de la Spiroll	3780
7	Adecuación del uso de la Dolomita	7020.31
8	Adaptación de centro de giro de grúa Maz-500 a dragalina de Batching Plan CH -15	1884.44
9	Modificación al molde de Canaleta	1700
10	Construcción de cepo para elemento T-3 Modificado	4200
11	Sustitución del sistema de anclaje M-3 por uses de cabilla	5417.23
12	Remodelación de sistema de recogido CH - 15	3822.3
13	Adaptación de cruceta KP-3 a la grúa KC de 25 (t) sobre neumáticos	15000
14	Recuperación moldes de columnas Sandino	2075
15	Recuperación moldes vaso Sistema Girón	1375
16	Recuperación de moldes metálicos paneles Sandino	5251
17	Recuperación de molde V-0	1200
18	Recuperación moldes columna Girón	1625
19	Recuperación de molde VL gran Panel IV Modificado	2500
20	Recuperación de traslación de grúa puente	150

No.	<i>Nombres de innovaciones y Racionalizaciones</i>	Efecto Econ.
21	Fabricación de palanca para el despegue de arco T-3	4422.25
22	Adaptación molde para producir Vigas y columnas	628
23	Adaptación molde para producir PD2-1S y P3, P2 y P1	867
24	Adaptación de molde para producir elementos para Policlinicos y Salas de Rehabilitación	
25	Adaptación molde para cimiento Aeropuerto	585
26	Adaptación molde vigas VB-1 y V-2A	773
27	Recuperación de espigas de 30 Amp. Trifásicas de goma y baquelita	3276
28	Adaptación de estación de botones del compresor a la pizarra de mando Batching Plant	90
29	Modificación de la extrusora de la tijera para traslado del Panel 1	3659.2
39	Adaptación de un vibrador para la T-2 cubierta y vasos cimiento	320
31	Recuperación y montaje de pesa Yara en el CH-15	2600
32	Recuperación de la grúa pórtico de la planta IMS	7000
33	Sustitución de Fildray por sistema hidrofreno y cadena a la Grúa pórtico de LRL	3799.48
34	Adaptación compresor al Batching Plant CH-15 IMS	3710.18
35	Adaptación de reductor a la grúa tubular planta LRL	2604.7
36	Recuperación del monorraíl de la grúa pórtico de LRL	3500
37	Remodelación del Batching Plant CH-15 Sandino Sagua	9312.6
38	Recuperación total de los sistemas de pesajes de la central Centro Mat.	5000
39	Reconstrucción sistema eléctrico Batching Plant Ch-15 Planta Sagua	1959.8
40	Adecuación del molde SAE para vigas alero VA-300 alojamiento Hospital	7324.14
41	Solución molde pilote 15.0 m obras marítimas	6181.4
42	Solución de moldes para viga T (VPS-1-300)	4216.41

No.	<i>Nombres de innovaciones y Racionalizaciones</i>	Efecto Econ.
43	Molde madera y hormigón para losas de entrepisos y Cubiertas Aloj. Hospital	23130
44	Solución de moldes para elementos prefabricados de la Bat. Ideas	4450.06
45	Molde madera y hormigón para pórtico cardiocentro	16150
46	Separador para moldes de hormigón a partir de la cera de caña	22836.57
47	Adaptación tecnología losa canal Tania la Guerrillera	9080.1
E.E. Total		242436.17

INNOVACIONES Y RACIONALIZACIONES AÑO 2006		
No.	Nombres de innovaciones y Racionalizaciones	Efecto Econ.
1	Recuperación de cortadora de cabilla	2160
2	Adaptaciones de sistemas hidroneumático a centrales de hormigón	24000
3	Fabricación del sistema eléctrico del batching Plant Centro Mat	3000
4	Recuperación de remolque para tiro de cabilla y prefabricado	4800
5	Recuperación del polígono de producción Sistema Sandino Planta IMS	32000
6	Fabricación aspersor para regadío	1430
7	Construcción de mesas rebatibles para Gran Panel IV Modificado	23600
8	Construcción panelera para transportar paneles	9093.84
9	Recuperación grúa tubular LRL	5000
10	Molde para cimiento Grupo electrógeno	3241.1
11	Dispositivo para hacer dobleces en máquina dobladora de cabilla	750
12	Adaptación de cuchilla criolla a máquina de cortar cabilla para utilizar por 8 caras	300
13	Adaptación molde sistema SAE para producir vigas alero	8000
14	Madrina para mover moldes	1200
15	Molde para viviendas Gran Panel	8450
16	Adaptación para mesas rebatibles	13408.58
17	Adaptación sistema tranque del montacargas	200
18	Sustitución cajas de madera para electricidad y aterramiento	500

No.	Nombres de innovaciones y Racionalizaciones	Efecto Econ.
19	Molde individual de escalera para gran Panel	2000
20	Ubicación de los pases para izar VT50 de diferentes medidas	855
21	Confección de moldes para reparar T-3 para la Tarea Refuerzo	813.44
22	Modificación de los tranques de los moldes T-2 para tarea ref.	300.24
23	Arranque manual y automático para compresor	1750
24	Sustitución soporte de madera por plancha metálica en molde cimiento	672.18
25	Fijación de los aditamentos de izaje y barras conexión de las viviendas de los médicos	1020
26	Sustitución molde de madera por metal para viguetas VT-50	3942.24
27	Adaptación de diferencial a la carreta de producción	4500
28	Reparación de breaker de 30 amperes	1500.6
29	Adaptación de reductor a la grúa tubular	1558.85
30	Adaptación de limitadores de altura a la grúa pórtico y viajera	106
31	Aditamento para la máquina de doblar cabillas para ganchos de izajes de 13 mm	3500.12
32	Cambio de circuito eléctrico grúa tubular	4500
33	Construcción de borne para baterías automotor	350
34	Sistema de frenaje grúa tubular	2500
35	Recuperación breaker de 600 amperes	600
36	Recuperación de espigas trifásicas	400
E.E. Total		172002.19

INNOVACIONES Y RACIONALIZACIONES AÑO 2007

No.	Nombres de innovaciones y/o racionalizaciones	Efecto Econ.
1	Obtención del contenido óptimo de cemento	6878.53
2	Construcción de turbina para achique de los pozos del Batching Plant	1260
3	Propuesta para racionalización de los moldes del sistema Gran Panel IV Modificado	27000
4	Sustitución del acople del fildeax de la grúa pórtico por yoquis de winche	800
5	Recuperación del cardán del vibrador	2350
6	Sustitución de madera por losa de hormigón	9235.05
7	Racionalización de acero de refuerzo en losa de cerca ordinaria	4524.68

No.	Nombres de innovaciones y/o racionalizaciones	Efecto Econ.
8	Adaptación de molde muro de contención Piscina EIDE	4035
9	Incremento de la capacidad de producción de Gran Panel IV Modificación Vivienda Médicos	9985.2
10	Solución de molde metálico para viguetas de cubierta y entrepisos	12120
11	Solución de moldes para paneles PCS EIDE	4162.5
12	Modificación de platos laterales tecnología Spiroll	10000
13	Modificación de mordazas de preesfuerzo para uñas de anclaje de 5mm	16270.86
14	Influencia de la calidad del hormigón en los costos del Prefabricado	98486.88
15	Deprimidos metálicos para T-26 de pared	9295.2
16	Sustitución de moldes de madera por metálicos para fundir pérgolas	7648.43
17	Recuperación del winche Balconcar de 8 T	6630.5
18	Recuperación de la hormigonera Soviética CB-138A	4250.25
19	Recuperación de compresor de aire para instalación de punteadora	3500
20	Cambios del sistema automático del CH-15 en IMS	8741
21	Construcción de dos reglas vibratorias	5000
22	Adaptación de reductor a Dragalina	4364
23	Construcción de dos carros transportadores de hormigón	30010
24	Construcción de carro para extraer producción de paneles (IMS)	14550
25	Recuperación de magnético a la cortadora de acero y alambón	1550
26	Molde Panel Electroquímica	2583.32
27	Remodelación del taller de Producciones Metálicas	634
28	Solución Tecnología elementos prefabricados colombofila Caibarién	2020
29	Recuperación de 2 grúas Pórtico (Sagua y Remedios)	118724.36
30	Adaptación del motor al cubo del Batching Plant de la Planta Sagua	710
32	Recuperación de máquina de alambón	4700
33	Construcción moldes metálicos para losas Grupo Electrógono	3250
34	Molde metálico para elemento Grupo electrógono (Cim C-1)	26000
35	Moldes metálicos para elementos de piscina EIDE	90000
36	Construcción cepos para mallas de cisterna y Grupo Electrógono	6000
E.E. Total		560269.76

Anexo XV

Tabla 2.10. Consumo de acero año 2008

Etapa	Hormigón (m ³)	Plan		Real	
		Consumo	Indicador	Consumo	Indicador
Julio	796,64	24,49	31	24,49	31
Acumulado	5560,14	184,16	33	184,16	33

Tabla 2.11. Consumo de alambrón, electrodo, alambre No 18 y desmoldante año 2008

Etapa	Alambrón			Electrodo			Alambre No18			Desmoldante		
	Plan	Real	Dif.	Plan	Real	Dif.	Plan	Real	Dif.	Plan	Real	Dif.
Julio	3,76	3,90	-0,14	0,239	0,231	0,008	0,342	0,266	0,076	1083	1750	-667
Acumulado	23,37	24,4	-1,02	1,413	1,507	-0,094	3,04	2,437	0,607	9034	7992	1042

Tabla 2.12. Consumo de cemento año 2008.

Etapa	Hormigón (m ³)	Plan		Real	
		Consumo	Indicador	Consumo	Indicador
Julio	796,64	289,58	364	289,59	364
Acumulado	5593,36	2081,21	372	2083,24	372

Tabla 2.13. Consumo de Áridos 2008.

Etapa	Arena		Gravilla		Granito	
	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real
Mayo	614	679	559	560	-	-
Acumulado	4253	4706	3765	3763	-	-

Anexo XVI

Planta Luis Ramírez López



Área donde se depositan los desechos sólidos de la producción.

Anexo XVII

Tabla 2.16. Capacidades de las dovelas de áridos.

<u>Descripción</u>	Capacidad
Baching-plant CH-30	
Gravilla	400m ³
Arena	400m ³
Baching-plant CH-15	
Gravilla	400m ³
Arena	400m ³
Piedra	400m ³
Arena o gravilla	400m ³

Anexo XVIII

ESTRATEGIA AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN.

INDICE DE CONTENIDO.

- INTRODUCCIÓN.
- OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA.
- IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN.
 - LINEAMIENTOS PARA LAS ACCIONES DE MINIMIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES.
 - EN LAS ETAPAS DE INVERSIÓN Y PROYECTO.
 - EN LAS ETAPAS DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y EJECUCIÓN DE OBRAS.
 - EN LA ETAPA DE DEMOLICIÓN Y ABANDONO DEL SITIO DE LA OBRA.
 - EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.
 - EN OTRAS ACTIVIDADES DE APOYO A LA CONSTRUCCIÓN.
 - EN ACTIVIDADES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.
 - INSTRUMENTOS PARA MATERIALIZAR LA ESTRATEGIA.

IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN.

La construcción produce impactos sobre el medio ambiente en cada una de las etapas de su ciclo de vida, es decir, desde las etapas iniciales de concepción de la inversión hasta la etapa de demolición y abandono del lugar:

En la etapa de concepción de la inversión y proyecto se definen en gran medida los futuros impactos que causará la obra en el medio ambiente. La solución energética del edificio u obra, la selección de los materiales a emplear, el diseño de los viales, la solución de tratamiento de residuales líquidos y sólidos y su disposición final y los criterios de prevención de desastres naturales son, entre otras, decisiones de proyecto que pueden provocar efectos negativos en el medio ambiente y afectaciones a la salud humana, si no se ponderan de forma racional.

En la etapa de investigaciones de suelo además de la energía empleada para accionar los equipos de perforación y transporte se producen afectaciones a la flora, la fauna, el suelo y los flujos de agua, subterráneos y superficiales.

En la etapa de extracción de materias primas y producción de materiales de construcción se consume gran cantidad de energía por el combustible empleado en los equipos de extracción, procesamiento y transporte de los diferentes materiales como arcilla, cal, yeso, piedra, arena, entre otros. Otras afectaciones al medio que se producen en esta etapa se refieren a la selección y explotación incorrecta de las canteras, transformaciones del relieve natural, afectaciones a la flora y la fauna y la degradación de suelos, erosión y afectaciones al paisaje por la no restitución de la capa vegetal. Contaminación del aire por polvo, ruido y emisión de humo y gases, especialmente en la producción de hormigón y asfalto. En este último caso además se suma la producción de desechos peligrosos.

La etapa de ejecución de obras es la que mayor impacto produce en el medio.

Las facilidades temporales para albergamiento del personal y los talleres y almacenes de apoyo a la construcción de la obra, en muchas ocasiones se ubican incorrectamente, produciendo afectaciones al paisaje. Se construyen generalmente sin cumplir con los requisitos para el tratamiento y disposición final de residuales, con sistemas constructivos pesados y en muchos casos permanecen durante muchos años en el lugar o no se restituye el paisaje del sitio, en caso de que sean desmontadas.

Los desbroces, las explanaciones y los movimientos de tierra en la gran mayoría de las obras resultan excesivos, provocando afectaciones a la capa vegetal y a la vegetación existente, compactación del suelo y alteraciones del drenaje natural. En la ejecución de obras situadas en un entorno urbanizado se producen afectaciones al entorno por cierre de vías, tupición de las redes de drenaje existente por manipulación y almacenamiento incorrecto de materiales y además por la emisión de ruido y polvo.

La ejecución de los viales puede producir compactación y erosión del terreno y afectación a la vegetación por ancho excesivo de las trochas. Cuando se realizan obras viales en zonas costeras o en cayos, no siempre se crean condiciones para mantener la circulación necesaria del agua, lo cual provoca afectaciones al ecosistema.

En la etapa de explotación de la obra los principales impactos se relacionan con las posibles emisiones contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo. La efectividad de las alternativas de tratamiento y disposición final de los residuales determinan en gran medida la posible afectación al medio, también influyen las materias primas y productos que se utilizan en la producción y los materiales que se emplean en el mantenimiento.

Las actividades de recolección, traslado y disposición final de materiales y residuos originan afectaciones por contaminación del aire por polvo y gases y la creación de vertederos de escombros que generalmente son ubicados incorrectamente, convirtiéndose en basureros y focos potenciales de contaminación, con todos los riesgos que esto implica. Esta situación se presenta en todas las etapas, pero se hace más crítica en la etapa de demolición.

Por último, en la etapa de abandono del sitio de la obra, en muchas ocasiones se dejan abandonados restos de construcciones deterioradas o escombros producto de la demolición y no se procede a la limpieza y restauración del paisaje natural mediante la siembra de vegetación u otros procedimientos de restauración y rehabilitación del terreno.

Los impactos señalados anteriormente revisten especial significación en ecosistemas frágiles, como zonas costeras y cayos, donde actualmente se producen

afectaciones importantes al medio fundamentalmente por los desbroces y movimientos de tierra excesivos, así como canteras para extracción de material de préstamo para relleno; vertederos para escombros no autorizados; empleo de sistemas constructivos que requieren mucha fuerza de trabajo, equipos y manipulación de materiales a pie de obra; trochas y viales sobredimensionados y empleo de alternativas de tratamiento y disposición final de residuales que no resultan idóneos, entre otros.

La producción de materiales de construcción consta de grandes, medianas y pequeñas fábricas, con tecnología de punta en algunos casos y, en otros, totalmente artesanales. En general son instalaciones que provocan afectaciones al medio ambiente por contaminación a la atmósfera, a las aguas y a los suelos, debido a los residuales sólidos y líquidos y a la explotación minera.

Las principales afectaciones al entorno por la industria de materiales de la construcción están relacionadas con la:

- Contaminación atmosférica, fundamentalmente en las fábricas de asbesto-cemento, cerámica roja, cal, yeso, feldespato y plantas de asfalto.
- Contaminación de las aguas terrestres y marinas, en las fábricas de asbesto-cemento, productos de hormigón (baldosas y terrazo), áridos y mármoles.
- Deforestación y degradación de los suelos provocada por la explotación de los yacimientos de áridos, mármoles y cerámica roja y blanca.

Contaminación atmosférica:

En el caso de asbesto cemento, las emisiones de polvo de asbesto y de cemento constituyen la principal afectación, al igual que en las producciones de cal, yeso, caolín y feldespato, donde la contaminación generada afecta comunidades, instalaciones industriales y aeronáuticas (aeropuerto de Holguín). En las carpinterías de madera, la contaminación está presente en el polvo y la viruta.

Entre las principales fuentes contaminantes de la actividad constructiva se encuentran las plantas de asfalto, debido a las emisiones de gases de hidrocarburos y de polvo a la atmósfera. El impacto negativo local se acentúa en muchos casos, a partir del cambio de concepción de ubicación temporal por ubicación definitiva.

Los gases de la combustión son otra fuente de contaminación atmosférica, la cual está presente en la producción de cerámica roja, cal y yeso, estando agravada por el

contenido de azufre del crudo cubano y su introducción paulatina en las producciones de la industria de materiales de construcción.

Contaminación de las aguas:

La contaminación de las aguas terrestres y marinas se presenta como resultado de la evacuación de las aguas industriales hacia cañadas, ríos y bahías, como ocurre en la producción de áridos y baldosas, con contenido de sustancias tóxicas en algunos casos, como el ácido oxálico en las producciones de terrazo y mármoles y el asbesto, en la fabricación de elementos de asbesto-cemento.

Deforestación y degradación de los suelos:

Se presenta en las canteras de caliza (piedra y arena) y mármoles, en los yacimientos de arena natural y en los de materias primas para la producción de cerámica.

En general puede decirse que resulta aún ineficiente el uso de la energía en las actividades de la construcción y no se explotan actualmente en toda su potencialidad un conjunto de alternativas que consideran la introducción de prácticas de reuso y reciclaje de desechos sólidos.

Muchos de los impactos que provoca la construcción se deben a que dirigentes y trabajadores no poseen una adecuada educación ambiental. También influye el hecho de que la técnica constructiva y el parque de equipos disponible no cumple los requisitos necesarios para una eficaz protección del medio ambiente.

lineamientos para las acciones de minimización de los principales problemas ambientales.

En las etapas de inversión y proyecto:

- Estudiar las características y valores naturales del sitio donde se ejecutará la obra, profundizando en los estudios de la línea base ambiental para las propuestas de soluciones desde el inicio de la concepción del proyecto.
- Ubicar los edificios y otros objetos de obra de forma tal que se logre la mínima afectación al terreno natural, la vegetación existente, las aguas superficiales, etc.

- Profundizar en el conocimiento de la ecología terrestre del lugar para proponer proyectos de áreas exteriores y paisajismo ambientalmente sustentables y compatibles con la protección de la biodiversidad.
- Diseñar edificios bioclimáticos y energéticamente eficientes, con el empleo de sistemas de ventilación e iluminación integrados que utilicen al máximo los medios naturales; hacer una selección adecuada de los materiales desde el punto de vista térmico y la protección solar con el objetivo de minimizar las cargas térmicas.
- Promover el empleo de fuentes renovables de energía, entre otros, calentadores y secadores solares, molinos de viento, etc.
- Lograr la racionalidad funcional, estética y ambiental de las soluciones urbanísticas, de redes exteriores (viales, agua, alcantarillado, drenaje y electricidad), áreas exteriores y paisajismo.
- Diseñar soluciones idóneas de tratamiento y disposición final de residuales líquidos y sólidos.
- Definir en el proyecto la correcta ubicación y posterior rehabilitación de las áreas para extraer el material de préstamo.
- Hacer un diseño racional de las investigaciones de suelo, utilizando la información de archivo disponible y la utilización de métodos indirectos.
- Incluir en el proyecto los criterios de prevención de desastres naturales y tecnológicos.

En ecosistemas frágiles se debe, además:

- Evitar la ubicación de construcciones en zonas de lagunas y humedales.
- Seleccionar sistemas constructivos ligeros, con materiales apropiados y que tengan gran trabajo pretérito incorporado, de forma que se simplifiquen al máximo los trabajos a pie de obra y la fuerza de trabajo necesaria.
- Utilizar equipos de perforación, movimiento de tierra e izaje de menor tamaño.
- Reducir los movimientos de tierra a las zonas de implantación de cada edificio.
- Preservar al máximo la vegetación existente, evitando la introducción de especies exóticas.
- Diseñar un sistema vial que no interrumpa la comunicación de humedales con el mar y que tenga dimensiones de ancho mínimas. Propiciar la permeabilidad de vías y parqueos.
- Elevar las construcciones y caminos peatonales sobre la superficie del terreno para limitar la erosión y compactación del terreno.

En las etapas de investigación de suelos y ejecución de obras:

- Hacer coincidir las trochas y caminos temporales con los viales definitivos para evitar la compactación del terreno.
- Evitar las obstrucciones a los flujos acuíferos, evitar la contaminación de las aguas dando adecuada protección a las calas perforadas.
- Evitar los derrames de combustible, aceites y otros contaminantes.
- Realizar un control estricto de las voladuras.

- Proteger, conservar y restituir la capa vegetal al realizar los movimientos de tierra.
- Ubicar las instalaciones de facilidades temporales en los sitios de menores valores naturales; emplear sistemas constructivos ligeros que permitan su desmontaje una vez concluida la obra; dotarlas de los correspondientes sistemas de tratamiento de residuales y prever una adecuada disposición final de los mismos.
- Evitar la contaminación del aire por ruido, polvo y emisiones de gases, en especial en construcciones que se realicen dentro de la trama urbana o aledañas a otras instalaciones existentes en funcionamiento.
- Utilizar racionalmente los materiales de construcción, en especial el cemento, el acero y los áridos, así como los equipos de construcción y transporte.
- Realizar una clasificación adecuada de los residuos y escombros de edificaciones y viales, que permita su reutilización o reciclaje o, en caso de que esto no sea posible, prever su disposición final en vertederos debidamente autorizados por la autoridad ambiental local.

En la etapa de demolición y abandono del sitio de la obra:

- Realizar una demolición organizada que posibilite la clasificación de los escombros para permitir su posterior reciclaje.
- Realizar la disposición adecuada de escombros en sitios debidamente autorizados, si no es posible el reuso o reciclaje de los mismos.
- Una vez completada la demolición y limpieza del lugar, restituir el paisaje teniendo en cuenta el entorno circundante para lograr su integración.

En la producción de materiales de la construcción:

Para minimizar la contaminación atmosférica:

- Instalar sistemas de captación de polvo y restauración de los existentes en las producciones de asbesto-cemento, yeso, cal, caolín y feldespato logrando, en el caso del asbesto, reducir el polvo en las zonas de trabajo a una fibra/cm³.
- Adoptar las medidas que se requieran para atenuar o eliminar el impacto causado por los gases de combustión del fuel oil o del crudo cubano.
- Realizar estudios para la reutilización de los polvos resultantes de la captación de polvo, principalmente de cemento, lo cual por su magnitud, tiene un efecto económico.
- Restaurar e instalar sistemas de captación de virutas en las carpinterías de madera.

Para minimizar la contaminación de las aguas:

- Lograr un efectivo funcionamiento de los sistemas de recuperación de aguas tecnológicas donde existan y ejecutar la inversión de decantadores donde sea necesario.
- Realizar estudios para la reutilización de los residuales sólidos resultantes de la recuperación del agua tecnológica en las producciones de áridos, mármoles, baldosas, asbesto-cemento y caolín.
- Generalizar el uso de la celulosa en las producciones de láminas acanaladas.
- Ejecutar inversiones para detener el envío de lubricantes y combustibles hacia las aguas.

Para minimizar la afectación a los suelos:

- Realizar la reforestación de las áreas en explotación tan pronto se agoten los yacimientos.
- Rellenar las áreas mineras, colocándole tierra vegetal, a fin de hacerlas cultivables.

En otras actividades de apoyo a la construcción:

- Evitar la contaminación del aire, aguas, suelo y subsuelo por emisiones, derrames y acumulación de gases, residuales líquidos o desechos sólidos.
- Hacer un uso racional de los portadores energéticos, agua, materiales e insumos y propiciar el reuso y reciclado de materiales.

En actividades de educación ambiental:

- Introducir la dimensión ambiental en todas las actividades de la construcción a partir de las acciones de divulgación y capacitación ambiental correspondientes.

GRADO DE IMPLEMENTACIÓN.

Basándose en la Estrategia Ambiental Nacional del Micons en los territorios cada Asociación, Unión de Empresas, Corporación y Empresa, elabora su propia Estrategia Ambiental y su Plan de Acción Anual con las tareas que se propone para mitigar los impactos que producen al medio ambiente.

Podemos decir que esto se ha cumplimentado en más de un 90 %, quedando sólo algunas entidades que aún no han concluido su estrategia propia pero todas, al menos, tienen identificados los problemas ambientales y cuantificados las medidas para solucionarlos.

Una de las medidas de estricto cumplimiento tomada está relacionada con la Licencia Ambiental, no se puede comenzar la construcción de ninguna obra, ya sea de otros inversionistas o propias del ministerio, sin que tenga otorgada su licencia.

En relación con las plantas de asfalto se realizó un inventario nacional y ya se ha completado el diagnóstico ambiental de aproximadamente el 40 % de las plantas del país; se encuentra en etapa de montaje una planta ecológica en el polo turístico de Holguín; se prepara la producción nacional de filtros de manga para su

generalización con vistas a eliminar la contaminación por polvo; se produce ya la emulsión asfáltica para sustituir los líquidos asfálticos y en Ciudad Habana, desde hace dos años, se ha introducido el fresado de pavimentos para el reciclado del asfalto.

En relación con la producción de hormigón premezclado se compraron tres plantas ecológicas de las cuales hay ya una funcionando en el polo turístico de Varadero, la cual está optando por un premio de medio ambiente que otorga la Asociación Europea de productores de hormigón premezclado. La que se instala en C. Habana contribuirá al saneamiento de la Bahía de La Habana.

A pesar de las dificultades económicas la industria de materiales de construcción ha realizado algunas acciones para cumplimentar el plan de acción con vistas a cumplimentar la Estrategia Ambiental, destacándose las provincias de Cienfuegos y Sancti Spiritus. Entre otras acciones la industria trabaja en la reforestación de las canteras abandonadas, en la restitución de los sistemas de tratamiento de residuales, en proyectos para recuperación de polvo, agua y residuos, etc.

El control del cumplimiento de las Estrategias Ambientales de los centros se realiza mediante las Inspecciones Ministeriales que sistemáticamente se llevan a cabo por la Dirección de Inspección del Micons con la participación de especialistas de la Dirección de Desarrollo Tecnológico.

Por su parte la Comisión Nacional de Medio Ambiente en la Construcción ha elaborado y puesto en vigor, hasta el momento, cinco Regulaciones Ambientales relacionadas con algunos de los principales problemas identificados en la Estrategia, como son: el diseño y construcción de las facilidades temporales; el uso ambiental de los suelos; la producción de hormigón hidráulico en planta; las investigaciones ingeniero-geológicas y la producción y colocación del hormigón asfáltico.

El Comité Técnico No. 40, "Diseño y Arquitectura Sustentable" terminó en el pasado año dos Normas Cubanas relacionadas con el diseño del clima interior de las edificaciones y elabora la NC sobre Eficiencia energética de los edificios y otra sobre requisitos de diseño sostenible para espacios exteriores urbanos.

Se ha comenzado un proyecto de investigación para analizar la factibilidad del empleo del carbón vegetal como sustituto de combustibles fósiles en la producción de cerámica, hierro gris y cal viva.

En la producción de asbesto-cemento se planifican inversiones para solucionar las principales afectaciones al medio ambiente y a la salud de los trabajadores.

En la empresa de carpintería se estudia la utilización de energía solar para el secado de la madera.

Se han terminado algunos Estudio Geoambientales Integrales y se están elaborando otros para diferentes zonas de desarrollo turístico del país.

Seis entidades han comenzado a trabajar en la creación de un Sistema de Gestión Ambiental, de ellas dos aspiran a certificarse por la ISO 14 000.

Existe un Programa de Educación Ambiental debidamente estructurado y atendido por la Dirección de Capacitación que abarca la impartición de conocimientos sobre el medio ambiente a los técnicos, dirigentes y obreros. Hasta el momento se han impartido dos cursos nacionales para multiplicadores y seminarios y talleres en todos los territorios del país.

PRINCIPALES DIFICULTADES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA.

La situación actual en la producción de materiales, en lo que respecta al medio ambiente, presenta las deficiencias siguientes:

- Existencia de tecnologías contaminadoras del medio ambiente,
- Falta de financiamiento que permita acometer las inversiones indispensables,
- Falta de normas ambientales en la producción de materiales,
- Insuficiente educación ambiental.

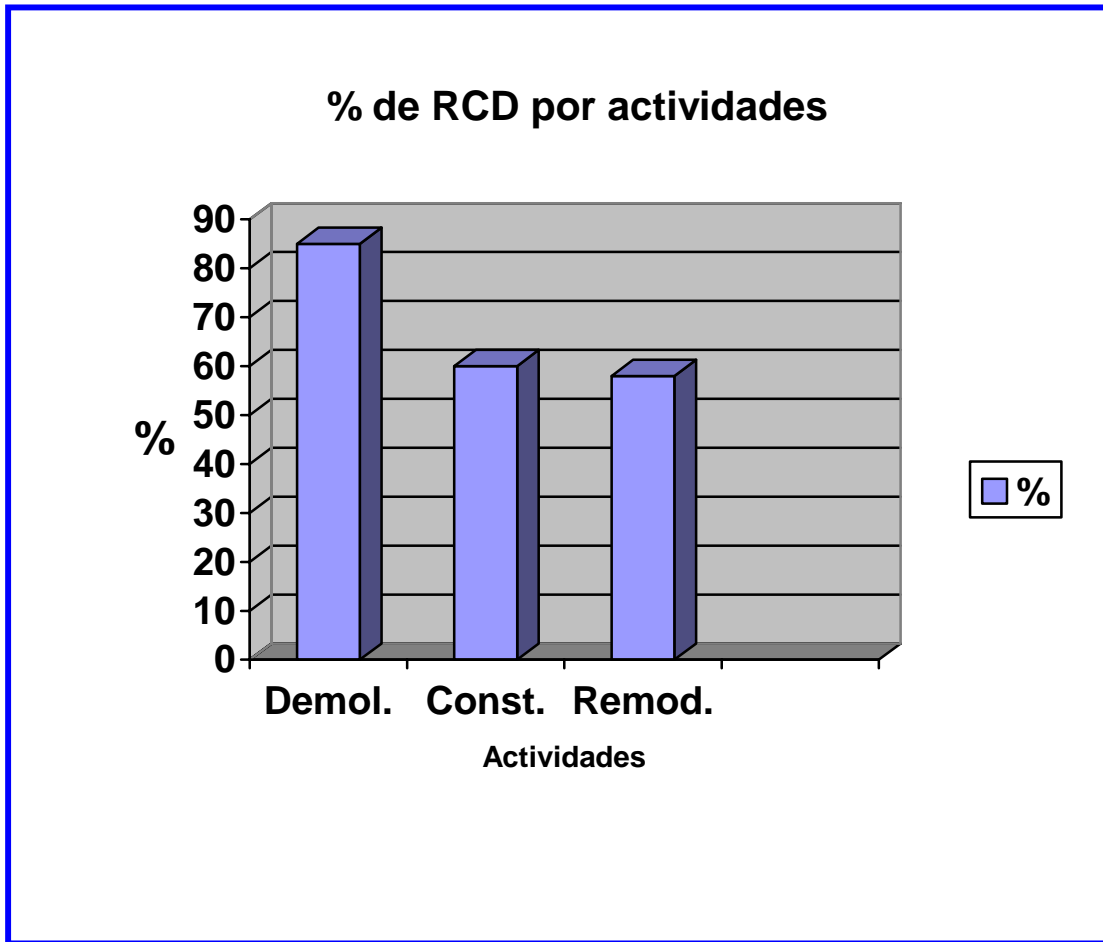
Para lograr una armonía con el medio ambiente es necesario que todos los trabajadores, técnicos y dirigentes cumplan con su responsabilidad social, promoviendo la conservación, mejoramiento y no-contaminación de los recursos naturales y el medio ambiente, realizando las inversiones necesarias. De igual forma, resulta indispensable fomentar la cultura ecológica en nuestras fábricas y su vínculo con la comunidad.

La producción de construcciones igualmente presenta deficiencias actualmente en relación con el medio ambiente, entre otras:

- Existencia de un parque de equipos de grandes dimensiones y gastadores de combustible,
- Persistencia de grandes movimientos de tierra y explanaciones con la subsecuente afectación de la flora y la fauna, el drenaje natural y los suelos.
- En muchos casos diseño sobredimensionado de los viales.

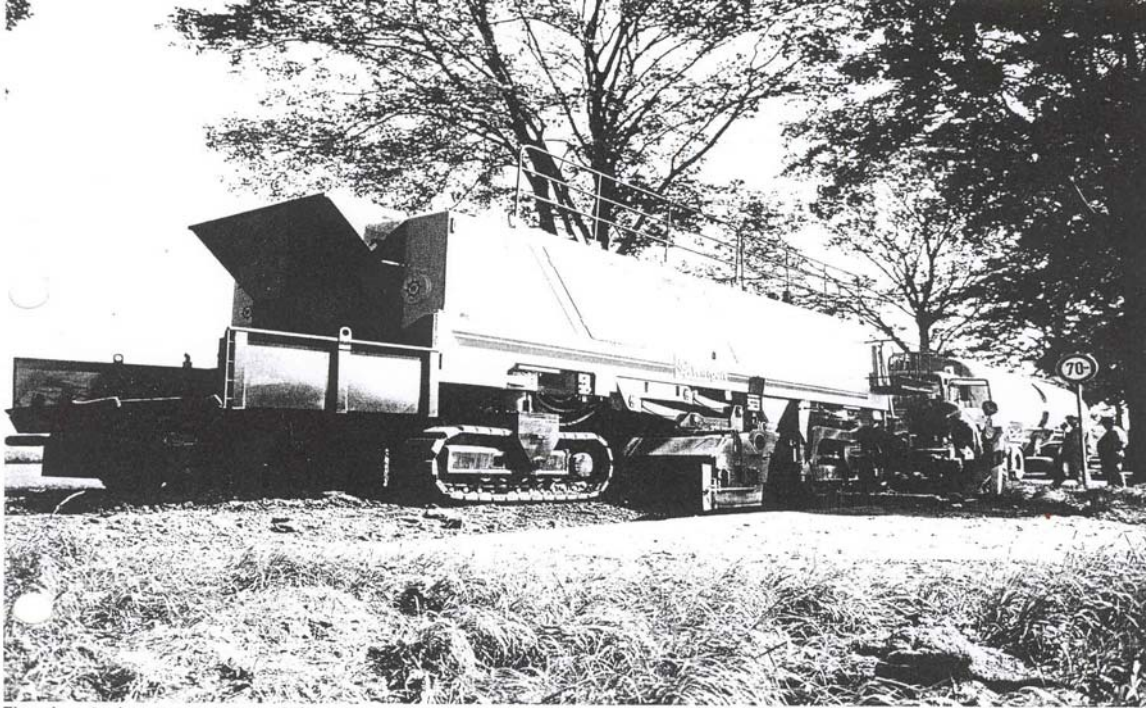
En resumen, se puede señalar como principal dificultad para la implementación de la Estrategia Ambiental dentro del Micons la falta de financiamiento para realizar las inversiones necesarias que resuelvan o mitiguen los impactos ambientales en la producción de materiales, la construcción de obras y otras actividades de apoyo. Sin embargo, podemos afirmar que la Estrategia Ambiental constituye una importante herramienta para enfrentar la solución de los problemas identificados ya que permite establecer las prioridades de acuerdo con los recursos disponibles

Anexo XIX.



Anexo XX.

Maquinas Recicladoras en Frío



El pavimento de una carretera rural, fresado a todo su ancho, se recicla «in-situ» con la gran recicladora CR 4500.

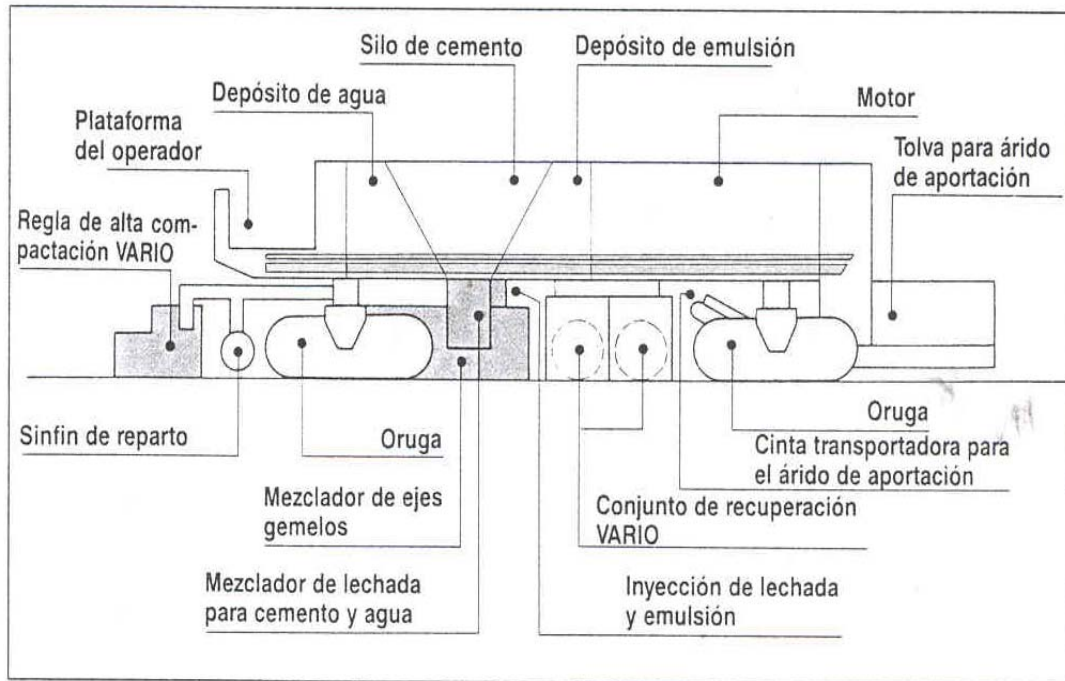


Ilustración esquemática de la recicladora en frío CR 4500.

Anexo XXI.

Destino final del material extraído de las vías de la ciudad de Santa Clara



Anexo XXII.

Cantidades estimadas de RCD en vertederos en la Ciudad de Santa Clara

VERTEDEROS	MDC m³
Reparto Antón Díaz	80 000
Carretera los Caneyes al Rpto. José Martí	5400
Autopista – Circunvalación	1500
Vegas Nuevas	15 000
Municipal	60 000
Total	161 000

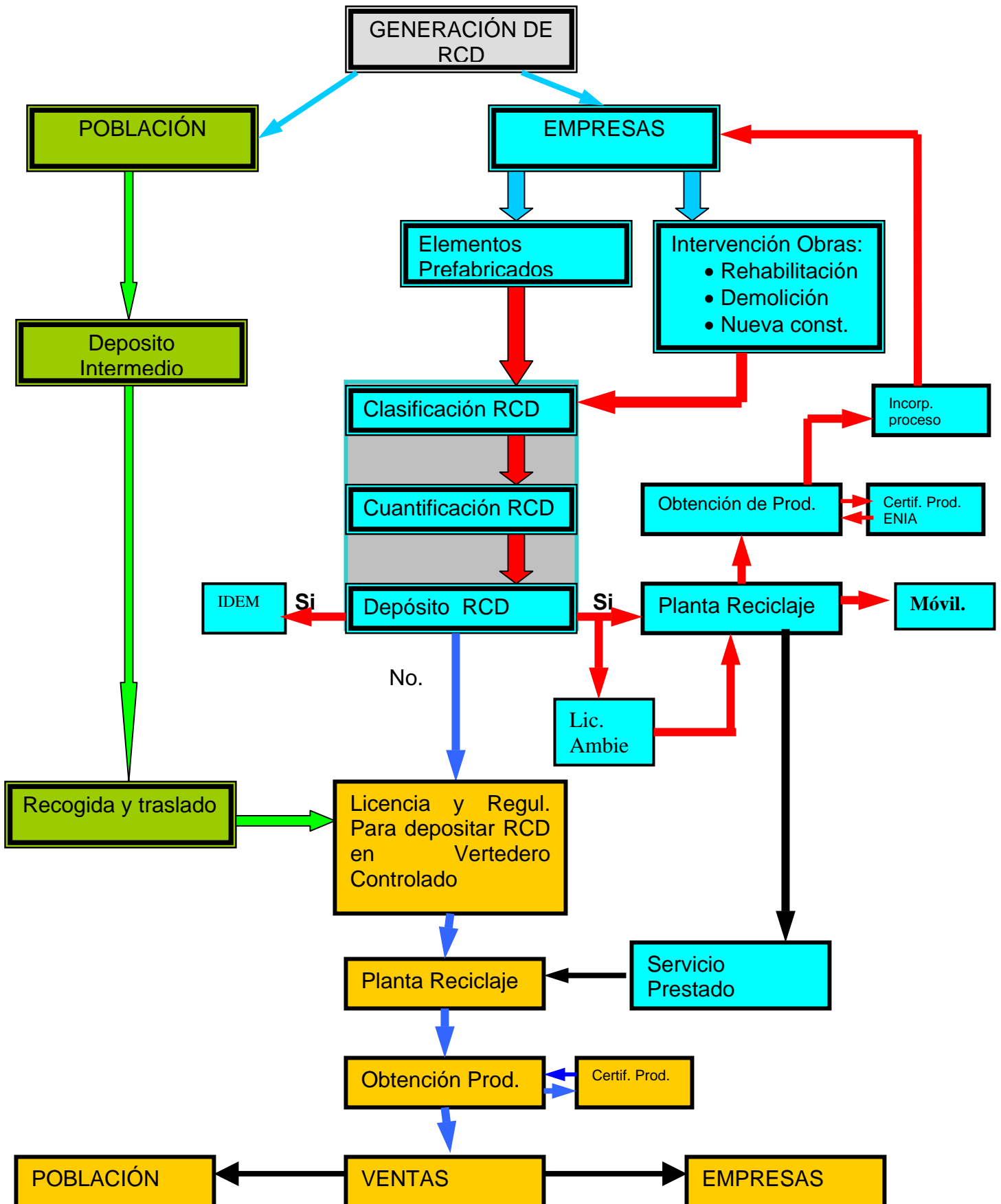
Anexo XXIII.

RCD generados por la población que obstaculizan la vía pública.



Anexo XXIV

MEDELO DE GESTIÓN DE RCD

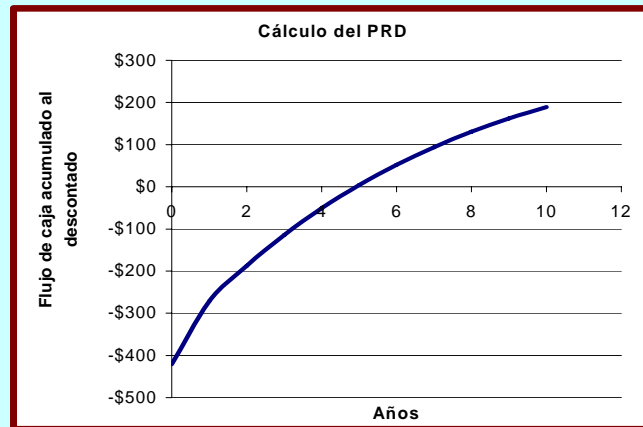


Anexo XXV

Tabla 1

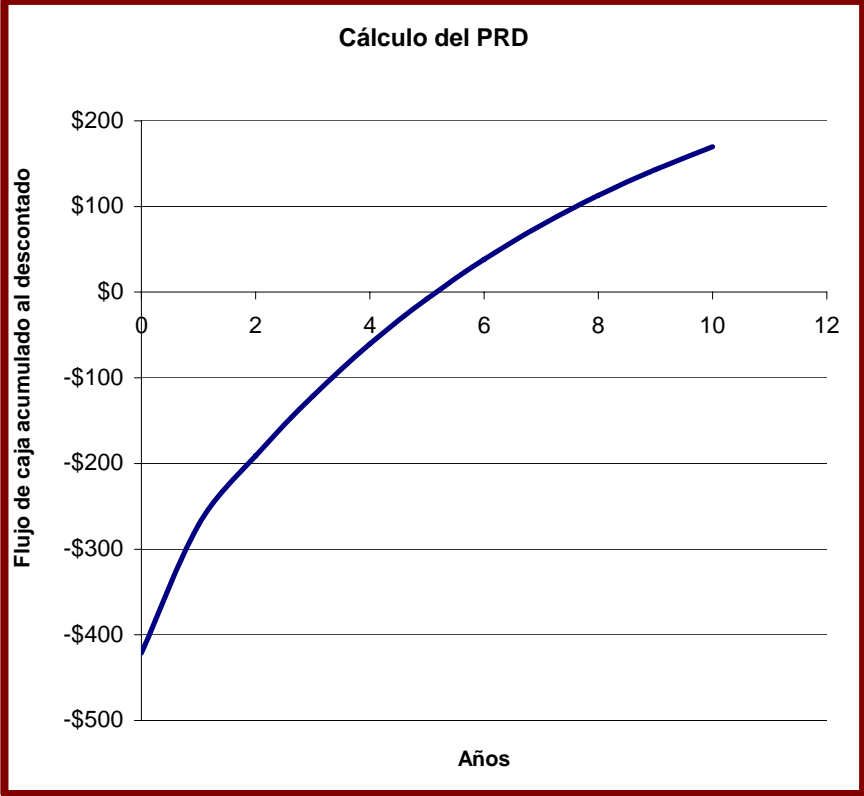
Flujo de caja para	IT=421040		Q=41026 m3/año			Q=40 t/h			40% Aprovechamiento		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00	\$171,980.00
Costos Operacionales		\$0.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00	\$60,894.00
Beneficio Operacionales		\$171,980.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00
Depreciación		\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00	\$56,840.00
Beneficios antes Impuestos		\$115,140.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00
Impuestos											
Beneficios despues Imp.		\$115,140.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00	\$54,246.00
Inversión	\$421,040.00										
Pago de deuda											
Flujo de caja	-\$421,040.00	\$171,980.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00	\$111,086.00
Flujo de caja Actualizado	-\$421,040.00	\$149,547.83	\$83,996.98	\$73,040.85	\$63,513.78	\$55,229.37	\$48,025.54	\$41,761.34	\$36,314.21	\$31,577.57	\$27,458.76
Flujo de caja al descontado	-\$421,040.00	-\$271,492.17	-\$187,495.20	-\$114,454.35	-\$50,940.57	\$4,288.81	\$52,314.35	\$94,075.69	\$130,389.90	\$161,967.48	\$189,426.24

VAN	\$164,718.47
TIR	27%
Intéres	0.15



Anexo XXVI.

Figura 1. Tiempo de Recuperación de la Inversión



XXVII.

RESULTADOS PARCIALES DE LOS COSTOS OPERACIONALES.

Tabla 1. Costo Mano de Obra

Número de operarios	\$/mensual	\$/año
3	425	15300

Tabla 2. Costos del consumo de electricidad

Producción M ³ /h	Horas de trabajo h/año	Consumo Potencia (KW)	Factor de operación	Costo del \$/Kw. h	Costo total \$/año
17.93	1755.43 (40%)	65 (40%)	0.9	1.00	16431

Tabla 3. Costo de Combustible

Equipo	Consumo mensual L/mes	Meses Laborable mes/año	Costo Comb. \$/L	Costo Total \$/año
Cargador	762.4	9.21	1.00	7021.7
Total				7021.7

Tala 3.1. Costo combustible por concepto de Traslado Planta

Equipo	Consumo mensual L/mes (1 Viaje)	Meses Laborable mes/año	Costo Comb. \$/L	Costo Total \$/año
Camión	7.4	9.21	1.00	68.15
Grúa	7.4	9.21	1.00	68.15
Total				136.3

Consumo total de Combustible \$7158/año

Anexo XVIII

Planta Móvil de Reciclado Citycrusher, marca Norberg

