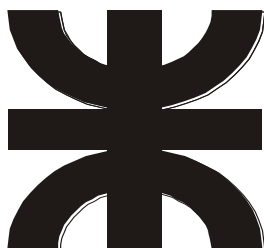


Maestría en Ingeniería Ambiental



Facultad Regional Tucumán

Universidad Tecnológica Nacional

Tesis: *“Caracterización y Valoración de Residuos de Construcción y Demolición en San Miguel de Tucumán”.*

Tesista: Ing. Civil Silvestre Alfredo Alanís

Director de Tesis: Dr. en Geología Rubén Ignacio Fernández

Codirectora de Tesis: M.Cs. Ing. Silvia Beatriz Palazzi.

Tesis para Optar al grado de Magister en Ingeniería  
Ambiental

Tucumán – Argentina

2013

## RESUMEN

El desarrollo del trabajo parte de un análisis de la situación actual de las obras en San Miguel de Tucumán. Se define qué son los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y cuál es su origen.

Para profundizar este análisis, se recopila información sobre la legislación vigente a nivel internacional, nacional, provincial y municipal. Se extrae que a nivel país no hay una legislación específica. En cuanto a legislación Internacional lo más completo está resumido en el informe Symonds y es referido a 15 países de la Unión Europea.

Se desarrolla la metodología, partiendo de encuestas realizadas a vecinos, a los fines de medir cuál es el grado de conocimiento de los materiales en estudio. Luego se recopila información en reparticiones de la municipalidad, sobre las construcciones, demoliciones y retiro. La que se completa con seguimiento a construcciones y demoliciones, para lo que se utilizan fichas y una tabla con los materiales codificados que se encuentran en las distintas partes de la obras, ambas desarrolladas para tal fin y por otro lado se realizan entrevistas a profesionales, capataces y personas involucradas y medición de volúmenes utilizando planos y el pesaje de los residuos que van a disposición final. También se ubican (georeferenciados), los puntos de disposición final.

En cuanto a la valorización, se visitaron obras, corralones, depósitos y se entrevistó a personas que se dedican a demoler, a fin de determinar cuáles son los materiales reutilizables y reciclables.

También se realiza un análisis de datos, conclusiones donde queda clara la influencia directa que tienen estos materiales, hoy desaprovechados y transformados en RCD, sobre el medio ambiente. También se explica cuáles son los obstáculos que existen a la hora de investigar los materiales en obra y la información incompleta existente en la Municipalidad de San Miguel de Tucumán.

Por último se hacen recomendaciones para generar menos RCD.

## CAPITULO 1 MARCO TEORICO

La situación de los residuos es un problema mundial y tiene un fuerte impacto sobre el medio ambiente, con influencia sobre el cambio climático del que hoy somos testigos.

El dióxido de carbono es el principal de los gases de efecto invernadero que motoriza el cambio del clima, y la principal causa del aumento de su concentración en la atmósfera es la quema de combustibles fósiles para obtener energía. Por lo tanto, el consumo de energía es la causa principal del cambio climático.

“Una parte muy importante del consumo de energía en el mundo está relacionado con las construcciones. En la etapa de procesamiento de las materias primas y fabricación de materiales de construcción los consumos son muy importantes. Tanto la fabricación de ladrillos como la de cemento requieren grandes cantidades de energía. Algo similar ocurre con el acero y más aún con el aluminio. Para la obtención de este último se consume una gran cantidad de energía eléctrica. Vale decir que por más que esta energía eléctrica se obtenga a partir de fuentes primarias distintas a la de los combustibles fósiles, su consumo implica la necesidad de utilizar combustibles fósiles para cubrir la demanda no satisfecha por aquellas”<sup>1</sup>.

Los residuos de construcción y demolición, son generados por las distintas actividades que realiza el hombre, entre las que se encuentran las obras civiles construidas para satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos, como vivienda, servicios sanitarios, caminos, canales, etc.

“Nuestro planeta puede verse como un sistema cerrado y por lo tanto con recursos finitos; pero es imposible que se detenga el uso de estos recursos, pero podemos hacerlo más racional. Por su parte la vivienda, que es una demanda social básica ha venido incrementándose de manera acelerada por el crecimiento natural de la población”<sup>2</sup>.

Estos residuos presentan bajo riesgo para la salud humana y el ambiente en general con relación a los residuos sólidos urbanos (RSU). El problema es el gran volumen que representan y por lo tanto los costos de transporte y el espacio necesario disponible para su disposición final. Otro problema que ocasionan, por ejemplo, es el impacto visual negativo que afecta el paisaje y modifica el escurrimiento de las aguas, ocasionando la estanqueidad de las mismas.

“La industria de la construcción genera gran cantidad de desechos, ya sea por el mismo proceso de construcción o por demoliciones, de hecho es la mayor fuente de residuos industriales en los países desarrollados; alrededor de 450 Kg por habitante por año (1997) y en un estudio más reciente, en España, se generan de 520 a 760 Kg por habitante por año (2002)”<sup>2</sup>.

“La obra civil en el mundo genera una cantidad importante en relación al volumen total de los materiales utilizados habitualmente, denominados RCD, residuos de construcción y demolición. Esta realidad lleva a atender esta problemática, ya que económicamente resulta ser una margen significativo de inversiones que se desechan entorno al 15 o 20% del valor final de la obra”<sup>3</sup>.

“Si se quiere incluir a la construcción como actividad sustentable, habrá que considerar prácticas de producción limpia en las obras por parte de las empresas dedicadas a la construcción”<sup>4</sup>.

La composición de los RCD depende del tipo de estructura, del tamaño de las estructuras, de la actividad generadora, del tipo de construcción (tradicional o prefabricada), etc.

La caracterización y valoración de los RCD en San Miguel de Tucumán es el inicio de un trabajo que puede llegar a influir en la reinserción de estos al ciclo de vida de la construcción y contribuir al mejor conocimiento de los materiales.

Para esto último es importante llegar a conocer los distintos tipos de materiales y las cantidades generadas para poder determinar, cuáles de los materiales pueden ser reutilizados o reciclados. Claro está que dependerá de los valores económicos que cada uno tenga en el mercado.

Algunas de las empresas dedicadas a las demoliciones, recuperan parte de los residuos, dándoles algún valor económico y a través de su venta se los reingresa en el mercado de la construcción.

Teniendo la información que otros países disponen y la aplicación de planes en base al conocimiento de los materiales, es importante tomarlo como ejemplo y desarrollarlo de acuerdo a las características de nuestra región.

Plantear un trabajo de este tipo para San Miguel de Tucumán y ponerlo en marcha, puede llegar a ser modelo para las otras municipalidades, especialmente para las que conforman el Consorcio Metropolitano para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, y luego extenderlo a toda la provincia.

### **1.3.3 Legislación a Nivel Provincial y Municipal**

En la provincia de Tucumán, no existe una ley que considere a los RCD, por lo que no hay una gestión de los mismos en el ámbito de la provincia y mucho menos en el Municipio de San Miguel de Tucumán, únicamente se considera la prohibición de la disposición en la vía pública.



deliberante al ing. Pegoraro

Fotografía 1-1. Entrevista en el Concejo

## **CAPITULO 2 OBJETIVOS Y DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA EMPLEADA**

### **2.1 Metodología**

#### **2.1.1 Objetivos del trabajo de tesis**

1) Caracterizar los RCD, tipos y cantidades que se generan en el municipio de San Miguel de Tucumán.

2) Valorizar la utilización económica de los RCD y su aporte a la sustentabilidad ambiental.

#### **2.1.2 Actividades y Metodología**

Para lograr el 1º objetivo se propone para llevar a cabo las siguientes actividades:

**Actividad 1:** Mediante el trabajo de campo, y de acuerdo a las características de los materiales, que en algunos casos se medirán in situ los volúmenes de algunos, y en otros se pesarán con báscula, se logrará:

Determinar volumen y peso, además de tipos y cantidades de materiales que se encuentran incluidos en los **RCD**.

**Actividad 2:** El propósito es obtener una información veraz a través de encuestas que se realizarán a vecinos del municipio, recopilación de datos de reparticiones oficiales y empresas privadas. Esto servirá para el cruce de información y realizar un trabajo de evaluación acorde a la realidad. Con respecto a la información de las reparticiones públicas iniciarán, en resumen, expedientes para que los datos tengan una validez oficial. Con todo ello se conseguirá:

Disponer de la información de los últimos 5 (cinco) años, en las oficinas municipales involucradas, en las empresas de demolición y en las empresas constructoras y de transporte de estos residuos, respecto de:

- a) Cantidad de **Construcciones** en San Miguel de Tucumán.
- b) Cantidad de **Demoliciones** en San Miguel de Tucumán.
- c) Cantidad de Empresas **Recolectoras y/o de Demolición**.
- d) Opinión de los **vecinos**.

Para lograr el 2º objetivo se propone la metodología que desarrollará las siguientes actividades:

**Actividad 3:** Mediante encuestas y registros realizados en obras y corralones que se dedican a la venta de materiales de demolición se logrará:

- 1) Consignar si los **RCD** son reutilizados por empresas.
- 2) Determinar valores económicos de la mayor cantidad de materiales de los **RCD**.
- 3) Analizar los valores de mercado de los materiales que se comercializan y son parte de los **RCD**.
- 4) Definir los materiales que son reutilizados o reciclados, de acuerdo al tipo de obra.

## **CAPITULO 3 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PARA LA CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION**

### **3.1 Introducción**

De todas las actividades humanas, la construcción es sin duda una de las que más impacta en el ambiente, circunstancia que no suele tenerse en cuenta. Este impacto no está relacionado exclusivamente con los derivados del uso del territorio, que sin duda son de enorme importancia, sino con los otros problemas de gran preocupación para los ambientalistas, como son el cambio climático, la reducción del ozono estratosférico, los residuos, el agotamiento de los recursos naturales, la contaminación del suelo, el agua y el aire e incluso la disminución o pérdida de biodiversidad.

Cuando estudiamos la relevancia ambiental de la construcción, como ocurre con cualquier otra industria, lo tenemos que hacer atendiendo a todo el ciclo de vida de sus productos: las construcciones. Los impactos entonces se producen en la extracción de las materias primas, su procesamiento, transporte, construcción, uso, demolición, recuperación, reutilización, reciclado y disposición final de residuos<sup>1</sup>.

La composición de los RCD varía ampliamente de lugar a lugar y por estación del año. La composición de estos desechos también es afectada por la economía del país y de la región donde se generan, así como por el tipo de proyectos de construcción<sup>13</sup>.

Ver en forma cotidiana acumulados los RCD en terrenos privados, en obras, en contenedores, incluso en calles, hace pensar en la energía desperdiciada y en el paisaje muchas veces afectado; todo esto sumado a la posible contaminación del suelo, el agua y el aire, lo que induce a acerca de la constitución de estos residuos y sus atributos particulares.

Evidentemente en este análisis debe haber un orden y una guía y para lo que se utilizó como base el Catálogo Europeo de Residuos (CER) que se encuentra en el Anexo 6 en pagina 238, que comprende un listado donde están



contemplados y codificados todos los residuos, incluyendo los RCD y donde también están catalogados otros residuos de materiales que se incorporan en la ejecución de obras.

### **Seguimiento a obras**

Para llevar adelante la caracterización de los RCD, se parte de la búsqueda de empresarios y profesionales del medio, dispuestos a colaborar con el suministro de la información necesaria para elaborar el trabajo. De lo que se deduce que no todos están interesados en modificar sus métodos de trabajo, ya que consideran que cualquier modificación puede significar mayor costo en las obras.

Con las propuestas, de parte de ellos, indicadas como convenientes, sobre cuáles son las construcciones (edificios en altura, ya que son las que generan la mayor cantidad de residuos por su superficie) iniciadas hace poco tiempo y cuáles son las demoliciones pronto a realizarse se inicia el seguimiento de las mismas.

Mediante visitas realizadas de acuerdo al avance de las mismas, se analiza qué materiales son reusados y cuáles son desechados, en el caso de las construcciones. En las demoliciones se analiza cuáles son los materiales separados para el reúso y el reciclaje y cuáles son desechados.

En el seguimiento, todos los detalles se indican con registros fotográficos.

Para determinar en las obras de San Miguel de Tucumán las características de los distintos materiales con sus cantidades respectivas, se realizó el seguimiento a 3 (tres) construcciones de edificios en altura y pavimento de H° y a 3 (tres) demoliciones de viviendas y de pavimentos de H°, de asfalto de adoquines y canal de desagüe.

A los fines de tener sistematizados estos relevamientos y considerando que es necesario dar participación al personal de obra para enriquecer los mismos, se desarrolló una planilla de doble entrada "**Ficha de Obra**", en la que están por un lado los materiales que se pueden encontrar en una obra, por otro los ítems en los que están incluidos los mismos y las marcas (x) muestran la situación en las que coinciden ambos. Esta ficha de obra es aporte del presente trabajo.





	CUBIERTA	AISLACION TERMICA	AISLACION HIDROFUGA	CIELORRASO	COLUMNAS-VIGAS	ENTREPISO	MUROS	REVOQUES	PISOS Y ZOCALOS	CONTRAPISO	REVESTIMIENTO	MARMOLERIA	ARTEFACTOS SANITARIOS	ARTEFACTOS ELECTRICOS	CARPINTERIA	INSTALACION ELECTRICA	INSTALACION SANITARIA	INSTALACION DE GAS	FUNDACION	
ALQUITRAN Y PRODUCTOS ALQUITRANADOS																				
COBRE, BRONCE, LATON																X				
ALUMINIO																				
PLOMO																				
ZINC																				
HIERRO Y ACERO				X	X	X									X	X	X	X		
ESTAÑO																				
METALES MEZCLADOS																				
CABLES																X				
TIERRA CON RESIDUOS DE CONSTRUCCION																				X
TIERRA Y PIEDRA																				X
TIERRA SOLA																				X
POLIESTIRENO EXPANDIDO																				
RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION				X	X	X	X	X	X	X										X
OTROS																				

**Figura 3-1**

### 3.5 Residuos Codificados para San Miguel de Tucumán como guía para la Ficha de Obra

Tabla 3.1 Residuos Codificados de San Miguel de Tucumán

<b>RCD-SMT 01- FUNDACION</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 01.1	Hormigón armado.
RCD-SMT 01.2	Hormigón ciclópeo.
RCD-SMT 01.3	Otros.

<b>RCD-SMT 02 - ESTRUCTURA</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 02.1	Madera.
RCD-SMT 02.2	Hormigón armado.
RCD-SMT 02.3	Hormigón pretensado.
RCD-SMT 02.4	Viguetas armadas in situ.
RCD-SMT 02.5	Hierro.
RCD-SMT 02.6	Poliestireno expandido
RCD-SMT 02.7	Otros.

<b>RCD-SMT 03 – MUROS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 03.1	Ladrillos macizos.
RCD-SMT 03.2	Ladrillos huecos cerámicos
RCD-SMT 03.3	Bloques de hormigón.
RCD-SMT 03.4	Yeso –cartón.
RCD-SMT 03.5	Madera.
RCD-SMT 03.6	Ladrillos de Vidrio.
RCD-SMT 03.7	Poliestireno expandido.
RCD-SMT 03.8	Otros.

<b>RCD-SMT 04 – SOLADOS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 04.1	Hormigón.
RCD-SMT 04.2	Cerámico.
RCD-SMT 04.3	Granítico.
RCD-SMT 04.4	Calcáreo.
RCD-SMT 04.5	Madera.
RCD-SMT 04.6	Vinílicos.
RCD-SMT 04.7	Goma.
RCD-SMT 04.8	Otros.

<b>RCD-SMT 05 – CIELORRASOS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 05.1	Yeso aplicado.
RCD-SMT 05.2	Yeso suspendido.
RCD-SMT 05.3	Yeso-cartón.
RCD-SMT 05.4	Madera.
RCD-SMT 05.5	PVC.
RCD-SMT 05.6	Poliestireno expandido.
RCD-SMT 05.7	Otros.

<b>RCD-SMT 06 – CUBIERTAS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 06.1	Chapa metálica.
RCD-SMT 06.2	Hormigón Armado.
RCD-SMT 06.3	Asbesto cemento.
RCD-SMT 06.4	Tejas.
RCD-SMT 06.5	Plástico.
RCD-SMT 06.6	Fibra de Vidrio.
RCD-SMT 06.7	Chapa de cartón asfaltado.
RCD-SMT 06.8	Otros.

<b>RCD-SMT 07 – ABERTURAS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 07.1	Hierro.
RCD-SMT 07.2	Madera.
RCD-SMT 07.4	PVC.
RCD-SMT 07.5	Otros.

<b>RCD-SMT 08 – REVESTIMIENTO</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 08.1	Cerámico.
RCD-SMT 08.2	Madera.
RCD-SMT 08.3	Piedra-Minerales.
RCD-SMT 08.4	Hierro.
RCD-SMT 08-5	Tela-papel-cueros sintéticos.
RCD-SMT 08.6	Otros.

<b>RCD-SMT 09 – INSTALACIONES</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 09.1	PVC.
RCD-SMT 09.2	Hierro Fundido.
RCD-SMT 09.3	Hierro Galvanizado.
RCD-SMT 09.4	Polipropileno.
RCD-SMT 09.5	Cobre-bronce-latón.
RCD-SMT 09.6	Asbesto cemento.
RCD-SMT 09.7	Hormigón comprimido.
RCD-SMT 09.8	Otros.

<b>RCD-SMT 10 – ARTEFACTOS SANITARIOS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 10.1	Loza.
RCD-SMT 10.2	Acero inoxidable.
RCD-SMT 10.3	Hierro fundido.
RCD-SMT 10.4	Fibra de vidrio.
RCD-SMT 10.5	Mármol.
RCD-SMT 10.6	Granito.
RCD-SMT 10.7	Madera.
RCD-SMT 10.8	Otros.



<b>RCD-SMT 11 - ARTEFACTOS ELECTRICOS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 11.1	Plástico.
RCD-SMT 11.2	Hierro.
RCD-SMT 11.3	Vidrio.
RCD-SMT 11.4	Madera.
RCD-SMT 11.5	Cobre, bronce.
RCD-SMT 11.6	Otros.

<b>RCD-SMT 12 - ARTEFACTOS DE GAS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 12.1	Hierro.
RCD-SMT 12.2	Hierro Fundido.
RCD-SMT 12.3	Otros.

<b>RCD-SMT 13 - MECANISMOS DE ACCIONAMIENTOS DE ARTEFACTOS</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 13.1	Hierro.
RCD-SMT 13.2	Acero inoxidable.
RCD-SMT 13.3	Plásticos.
RCD-SMT 13.4	Otros.

<b>RCD-SMT 14 - EXCAVACION Y LIMPIEZA</b>	<b>Material</b>
RCD-SMT 14.1	Tierra sin mezclas.
RCD-SMT 14.2	Tierra mezclada con escombros.
RCD-SMT 14.3	Suelo contaminado.
RCD-SMT 14.4	Otros.

Tabla 3-9. Datos obtenidos en laboratorio de las muestras tomadas en obra de demolición.

MUESTRA	PESAJE	PESO DE RECIPIENTE	PESO MATERIAL	VOLUMEN RECIPIENTE	PESO UNITARIO	OBSERVACIONES
N°	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	
1	22.240	3.640	18.600	15.016	1,238	<p>Promedio= 1,329 gr/cm<sup>3</sup></p> <p>Promedio= 1329 Kg/m<sup>3</sup></p>
2	23.940	3.640	20.300	15.016	1,352	
3	24.640	3.640	21.000	15.016	1,398	

### 3.9.4 Superficie Construida en San Miguel de Tucumán 2003-2009

Tabla 3-12. Superficie construida período 2003-2009

AÑO	SUPERFICIE CONSTRUIDA EN M2
2003	75.143
2004	193.875
2005	214.234
2006	258.083
2007	220.852
2008	347.993
2009	167.739

FUENTE: Municipalidad de San Miguel de Tucumán

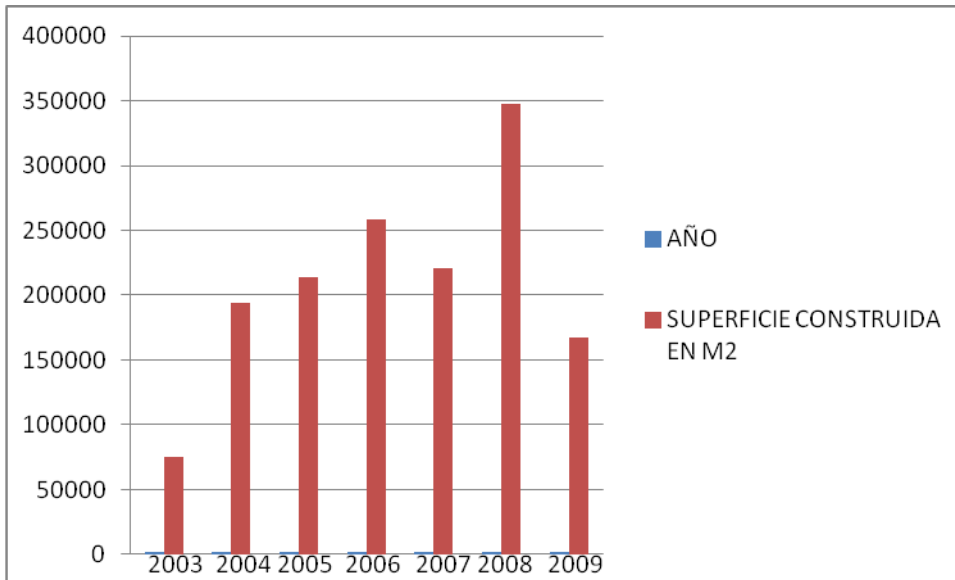


Figura 3-8. Gráfico de variación de la superficie construida período 2003-2009

FUENTE: Municipalidad de San Miguel de Tucumán

### 3.9.5 Permisos de Demoliciones Parciales y Totales de San Miguel de Tucumán

Tabla 3-13. Permisos de demoliciones período 2006-2010

N° EXPEDIENTES	AÑO
81	2006
80	2007
79	2008
61	2009
43	2010

FUENTE: Municipalidad de San Miguel de Tucumán

### 3.9.3 Demoliciones de Pavimento de H° y de Asfalto

La información obtenida mediante solicitud realizada por expte N° 243.940 arroja los siguientes valores de:

Calzada de Hormigón Simple: 115.443,00 m<sup>2</sup>.

Calzada de Concreto Asfáltico: 70.700,00 m<sup>2</sup>

Tabla 3-14. Volumen y peso de la superficie construida en S. M. de Tucumán 2005-2009

Año	Superficie Construida (m <sup>2</sup> )	Indice Volumétrico (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Indice superficial (kg/m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
2005	214.234	0,111	64,29	23.779,97	13.773.103,86
2006	258.083	0,111	64,29	28.647,22	16.592.156,07
2007	220.852	0,111	64,29	24.514,57	14.198.575,08
2008	347.993	0,111	64,29	38.627,22	22.372.469,97
2009	167.739	0,111	64,29	18.619,03	10.783.940,31
<b>TOTAL</b>	<b>1.208.901</b>	<b>0,111</b>	<b>64,29</b>	<b>134.188,01</b>	<b>77.720.245,03</b>

En cuanto a las demoliciones si bien se tienen los índices de volumen y peso, no se pueden calcular los valores de volumen y peso totales para el período 2006-2010, debido a que la información brindada por la Municipalidad es referida a los permisos de demoliciones y no sus superficies.

## **CAPITULO 4 DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PARA VALORACION DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION**

### **4.1- Introducción**

Por un lado y debido a la gran variación en la composición de los RCD's, éstos son difíciles de manipular y relativamente costosos de transportar, y por otro lado, son potencialmente ricos en materiales que tienen alto valor comercial; dicho valor es proporcional al de los materiales vírgenes, por lo tanto, los RCD's están entre los primeros por identificar para procesar y reciclar<sup>9</sup>.

### **4.2 -Visitas a Corralones que venden materiales Recuperados o Reciclados.**



Fotografía 4-2.Artefactos sanitarios recuperados.



Fotografía 4-3.Chapas galvanizadas recuperadas.



Fotografía 4-5.Caños metálicos recuperados.



Fotografía 4-8.Perfiles doble T recuperados.



Fotografía 4-9.Vigas de madera recuperadas.

### 4.3 Análisis de los materiales extraídos de los pavimentos

Estos son recuperados en su totalidad y utilizados por la Municipalidad para repavimentación y ornamentación en paseos públicos, por lo que todos los adoquines son llevados a un lugar definido para su acopio a fin de disponerlo para su futuro uso.



Plazoleta Mitre.

Fotografía 4-13. Adoquines utilizados en



Edificio de Intendencia.

Fotografía 4-14. Adoquines utilizados en



parque 9 de Julio.

Fotografía 4-16. Adoquines en el reloj del





Fotografía 4-19. Adoquines acumulados en predio de la DOPM.

Fotografía 4-19. Adoquines acumulados en

“Los estudios realizados sobre hormigones elaborados con agregados gruesos reciclados obtenidos mediante la trituración de un hormigón convencional permiten concluir que:

- El agregado grueso reciclado presenta menor densidad y mayor absorción de agua y pérdida de peso por abrasión que el agregado grueso natural debido a la presencia de mortero cementicio como parte constituyente de los mismos.
- En estado fresco, se observa una clara reducción del asentamiento a medida que se incrementa el porcentaje de agregado grueso reciclado utilizado, lo cual pone de manifiesto una notable influencia de la textura superficial de los mismos. Este hecho es atribuido a que el agregado natural está constituido por partículas de forma redondeada y textura lisa, mientras que el agregado reciclado presenta una mayor superficie específica por ser triturado y en consecuencia mayor rugosidad superficial e irregularidad producto del mortero adherido.
- Todos los hormigones reciclados elaborados (25,50,75y100% de reemplazo) presentan un comportamiento resistente similar o superior al del hormigón patrón HP, hecho que debe ser atribuido a una mayor adherencia entre la nueva matriz cementicia y el agregado reciclado, a pesar de poseer este último una calidad inferior respecto al agregado natural. Sin embargo, debe considerarse que en los HR se produce una disminución del módulo de elasticidad estático, la cual es más importante cuando se incrementa el porcentaje de agregado reciclado.
- Respecto a la durabilidad de los hormigones reciclados HR, se observa

un comportamiento satisfactorio y similar al de del hormigón patrón HP al ser sometido a la penetración de agua a presión, mientras que en el ensayo de absorción capilar se advierte un aumento significativo en los valores de la velocidad y capacidad de succión capilar para reemplazos superiores al 50%, pero se encuentran dentro de valores razonables.

- Analizando los resultados obtenidos en este trabajo, se puede decir que hormigones elaborados con distintos porcentajes de agregados gruesos reciclados, obtenidos a partir de la trituración de pavimentos de hormigones, tienen un adecuado comportamiento resistente y durable para ser utilizados en pavimentos”<sup>14</sup>.

Cuando se realiza una repavimentación por mal estado de un pavimento asfáltico, a veces se procede a ejecutar el fresado y este material llamado RAP puede ser mezclado con asfalto y con áridos para repavimentar. Evidentemente en San Miguel de Tucumán no siempre se ejecuta el fresado y está comprobado ya que en los lugares utilizados como sitios de disposición final se pueden ver fracciones de concreto asfáltico.



acumulado.

Fotografía 4-20. Material de fresado

Se consultó en la Dirección Nacional de Vialidad al Jefe del Tercer Distrito-Tucumán Ing. Jorge Correa, que es Ingeniero Ambiental, qué es lo que hacen con este material.

Para realizar un repavimentación completa o bacheo, siempre se ejecuta el fresado, cuando existe concreto asfáltico y todo este material es recuperado y aprovechado para ocuparlo en banquetas y da muy buen resultado. Este material llamado RAP, puede ser mezclado con asfalto y usado en bacheo, con la ventaja que se utiliza menos asfalto.

Es decir para ellos no es un residuo.



Fotografía 4-21.Reunión en la DNV, con el Ing. Correa, Jefe del 3° Distrito -Tucumán.

Se está realizando una experiencia de relleno con RCD en una cava de una antigua cantera. Esta cantera era de una empresa que retira con contenedores RCD de obras. La exigencia mínima es que todos los residuos sean inertes. La idea es recuperar terrenos que hoy están sin utilidad.



Minería Ing. Rongetti.

Fotografía 4-22.Entrevista al Director de

#### 4.4 Tendencias constructivas actuales

En la actualidad se están utilizando nuevos sistemas constructivos que permiten la recuperación del material de modo más fácil si lo comparamos con la construcción tradicional.



constructivos (Deck).

Fotografía 4-24. Aplicación de nuevos sistemas



vidrio y H° - Legislatura de la provincia de Tucumán.

Fotografía 4-26. Esquina España y Muñecas



estructura metálica.

Fotografía 4-35. Superficies cubiertas sobre



Tucumano Shopping 1

Fotografía 4-38. Durlock, en Abasto

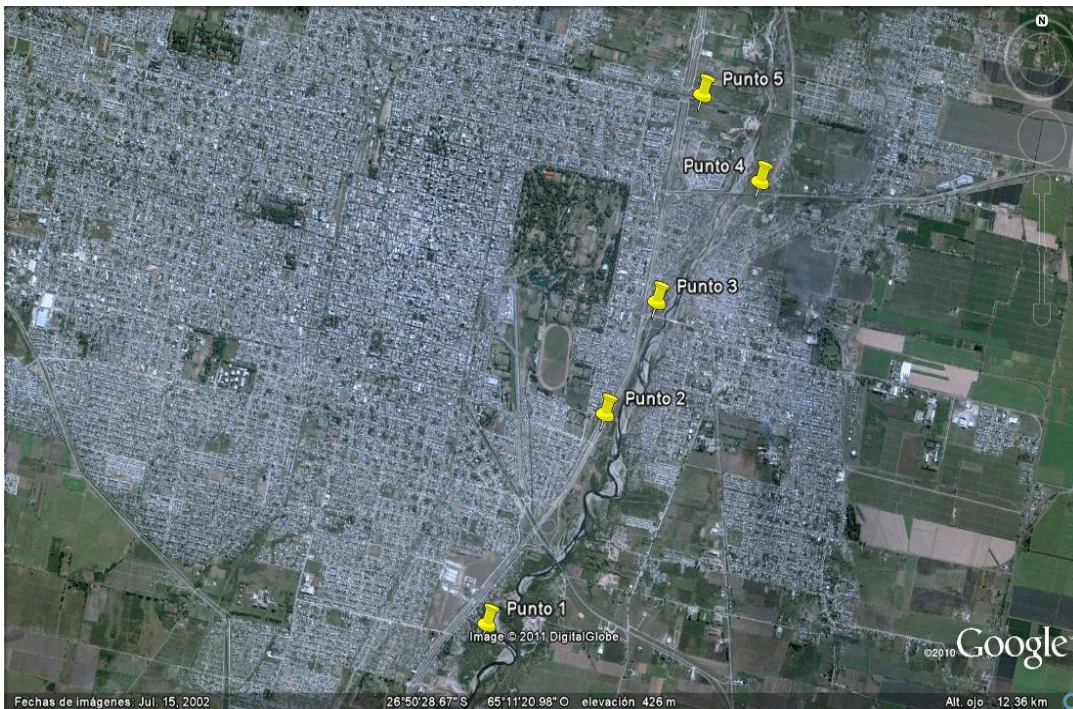
#### **4.6 Sitios de Disposición final de los RCD en San Miguel de Tucumán**

Para determinar los sitios de Disposición final, en primera instancia se recurrió a la Municipalidad de San Miguel de Tucumán, más precisamente a la Dirección de Obras Públicas Municipales, donde se informó que ellos no tienen un sitio de Disposición Final.

Luego de recorrer las distintas zonas del Municipio, se detectó que los RCD son depositados en algunos terrenos privados, que por su topografía se encuentran bajos, susceptibles de inundarse y normalmente son llevados allí por pedido de sus propietarios. Pero el lugar donde se depositan la mayor cantidad de estos residuos son en ambas márgenes del río Salí. Allí se puede



ver a cualquier hora la llegada de todo tipo de transporte, como por ejemplo, camiones con adhesivos que indican que son de la Municipalidad (cosa que no es real), carros de tracción a sangre, contenedores transportados con camiones, etc. Al hacer una análisis de la situación de la zona, surge como resultado que las propiedades en este sector son de los estados Nacional y de Provincial, ya que se encuentran entre la avenida de circunvalación (propiedad de la Dirección Nacional de Vialidad) y el río Salí (donde interviene la Dirección Provincial del Agua).



Fotografía 4-41. Distintos puntos de disposición final de RCD georeferenciados.

## **CAPITULO 5 ANALISIS DE DATOS**

No hay leyes ni ordenanzas en el país sobre el tema, por lo que es importante que se legisle, tampoco hay planes de gestiones internas ni externas adecuados de los residuos generados en construcciones y demoliciones y esto produce desorden.

La mayor parte de los datos fueron obtenidos de páginas de internet, ya que existen pocos libros sobre el tema.

Los demás datos fueron obtenidos a través del seguimiento personal a las construcciones, demoliciones y corralones.

Si bien en las oficinas municipales hubo buena predisposición a colaborar con este trabajo, las informaciones no fueron dadas con celeridad y esto es debido a que no tenían informatizados parte de los datos, como tampoco toda la información necesaria para elaborar el mismo con mas detalles, como por ejemplo la superficie demolida.

La mayor cantidad de residuos se generan en las demoliciones, después le siguen las remodelaciones y por último las construcciones.

### **5.1-Characterización**

Las construcciones que generan mayor cantidad de residuos son los edificios de gran altura y tiene las etapas de:

- 1) Excavación.
- 2) Ejecución de estructura de H°A°.
- 3) Cerramientos, instalaciones y terminaciones.

En la excavación se retira importante volumen de suelo porque las fundaciones ejecutadas normalmente son plateas y ese suelo es utilizado en gran parte por cortadas de ladrillos.

En la ejecución de H°A° los residuos generados son descartes de madera de los encofrados, trozos de hierros de las armaduras, alambres para el atado de armaduras, clavos utilizados para los encofrados y apuntalamientos, papeles y cartones de embalaje y plásticos de distintos tipos.

En los cerramientos se generan escombros (resto de mezcla, cascotes de ladrillos), alambres para el atado de los andamios, clavos doblados, plásticos, papeles y cartones.

Los plásticos que se generan son PVC (policloruro de vinilo), PP (Polipropileno), PEAD (polietileno de alta densidad), PEBD (polietileno de baja densidad), etc., en una cantidad mínima.

Los residuos generados son prácticamente los mismos en todas las construcciones tradicionales.

Se hace un análisis de los materiales que quedan por las ejecuciones de mamposterías y revoques, en los casos en que no son reutilizados y cuando lo son:

Si no se lo reutiliza, se lo tiene que retirar en un camión (6 m<sup>3</sup>) o en un contenedor (5 m<sup>3</sup>) y en ambos casos:

- En el traslado se consume combustible (recurso no renovable).
- En el traslado se contamina la atmósfera (por la combustión que se produce en el motor).
- En la disposición final se impacta negativamente en el paisaje.
- Hay que pagar el transporte y en algunos casos derechos para disponer, en forma temporaria el contenedor.

Para continuar con la obra:

- Se debe traer arena de canteras (uso de uno de los recursos más utilizados por el hombre).
- En el transporte se consume combustible (recurso no renovable).
- En el transporte se contamina la atmósfera (por la combustión que se produce en el motor).



- Hay que pagar el transporte y la arena.

Si se lo reutiliza:

- Se debe disponer de una trituradora en obra (tamaño de una hormigonera grande).
- Se consume combustible o electricidad (generalmente recursos no renovables).
- Se debe disponer de una persona que separe residuos que no sirven al momento de elaborar la mezcla para levantar mampostería o revoque.
- No hay impacto visual negativo por disposición de residuos.

Para continuar la obra:

- Se tiene que extraer menos áridos de canteras (uso de uno de los recursos más utilizados por el hombre).
- Hay que comprar menos áridos.
- Se consume menos combustibles (recursos no renovables).
- Se contamina menos la atmósfera.

No hay demoliciones de edificios de gran altura en San Miguel de Tucumán y cuando se lleva a cabo una demolición no hay un orden de tareas.

En cuanto a la estructura de H° A° se recupera el acero y el hormigón mezclado con trozos de ladrillos, va a disposición final. O sea que el volumen de hormigón se lo puede estimar con las medidas de vigas, columnas, escaleras y losas. Parte de las fundaciones normalmente quedan y son retiradas, cuando se realiza la excavación para una nueva edificación.

Cuando las cubiertas son de chapas, a pesar de que no se las extrae en óptimas condiciones, las mismas son separadas, ya que esta tarea no demanda mucho tiempo. Las estructuras de sostén de estos techos ya sean de madera o de hierro también son separados.

Cuando el material de asiento de la mampostería no ofrece resistencia para la extracción de la misma se puede recuperar.

Los solados de distintos materiales pueden ser recuperados si el material de asiento de los mismos permite su fácil extracción.

Las cañerías plásticas en general no se recuperan y son llevados a disposición final. Las metálicas son recuperadas para darle otro uso, ya que las mismas tienen obstrucciones o el material es dañado y existen empresas privadas o del estado que controlan y no permite su utilización en nuevas instalaciones.

Los artefactos sanitarios, sino se dañan pueden ser separados sin dificultad.

Los plásticos que se generan son PVC (policloruro de vinilo), PP (Polipropileno), PEAD (polietileno de alta densidad), PEBD (polietileno de baja densidad), etc., algunas veces se recuperan para ser reutilizados o para darles otros usos.

Los residuos generados son variados y depende de la época de la construcción, por ejemplo en el siglo pasado, se utilizaba la madera en cubierta y hoy ha sido reemplazado este material por las estructuras de hormigón armado o metálicas.

La generación de los residuos tanto en construcción como en demolición son, en su mayoría, restos de ladrillos, cerámicos, mezclas y restos de H°. Pero sin duda la generación del volumen de RCD en la demolición es mucho mayor que la de construcción si tomamos por unidad de superficie.

Del análisis de las encuestas realizadas a los vecinos se resume que el 100% conoce qué son los RCD y que la mayoría de los materiales retirados de las demoliciones tienen utilidad, pero el 60% desconoce si todos son reutilizados o reciclados. La mayoría opina que es conveniente económica y ambientalmente, pero considera que hay que verificar si técnicamente lo es. El 70% desconoce si son dañinos para la salud. No todos consideran que tienen que ser transportados por separados los RCD y los RSU. No todos comprenden que se tiene que tener permiso para retirar RCD. El 60% manifiesta que estos residuos se depositan en distintos lugares y todos ignoran si los propietarios de terrenos privados necesitan autorización para recibirlos y casi la totalidad no sabe si la Municipalidad de San Miguel de Tucumán tiene un predio para disposición final.

Si se realiza la comparación de los datos de demolición obtenidos en este trabajo con los obtenidos en Mendoza de construcciones, se deduce que la relación en volumen es de 5 a 8:1 y en peso 10-20:1.

## 5.2 Valoración

- En la actualidad, gran parte del suelo extraído de la excavación, es vendido a las cortadas de ladrillos o usado para rellenos de terrenos bajos.

El primer caso es importante porque de esta manera se evita la ejecución de cavas para producir ladrillos, ya que una vez que la cortada deja de funcionar queda un terreno sin utilidad. Esto, ambientalmente es bueno, porque además se evita el uso de la energía necesaria para mover la maquinaria de excavación.

En el segundo caso el problema es que cuando se lo hace sin control no quedan aptos, por ejemplo para construir.

- Los restos de madera de los encofrados y puntales, son aprovechados por el personal que trabaja en la obra, para utilizarla como combustible en la misma obra y algunos los llevan a sus domicilios.
- Se está empezando a reutilizar los residuos generados en la ejecución de mampostería y revoques, mediante una trituradora que es transportada al lugar de la obra, ya que la misma tiene un tamaño de una hormigonera grande. Una vez que el residuo pasa por la trituradora es mezclado con cal y se le incorpora cemento para reutilizarlo en asiento de mampostería y revoques.
- Las demoliciones son encaradas por empresas que no tienen los mismos fines:
  1. Demuelen y venden materiales a cualquier comprador.

2. Demuelen o compran en demoliciones a los que les ofrecen y venden en locales comerciales.
3. Demuelen y recuperan poco porque no les interesa recuperar.

Cuando las edificaciones son demolidas por empresas que necesitan el predio para una nueva construcción, no es su preocupación aprovechar el material para su reutilización y mucho menos conseguir su mejor precio.

En algunos casos se reciclan materiales sin un asesoramiento técnico y esto no es conveniente por razones de seguridad.

-En las nuevas construcciones se están utilizando vidrios en cerramientos, balcones, barandas de escaleras, etc., además de las ya utilizadas en puertas y ventanas. Esto es importante, porque en un futuro si se demuele tenemos un material que es reciclable y en los edificios en altura su superficie es considerable.

-Actualmente se están ejecutando construcciones, y sobre todo cuando existen grandes superficies, con estructuras metálicas, por ser más livianas que el hormigón por ejemplo, es factible su montaje con maquinas y si se tiene que adicionar refuerzos, se lo lleva a cabo con soldaduras. Estas son algunas de las ventajas al momento de construir y si se tiene que demoler, salvo un estado avanzado de oxidación, es reutilizable o reciclable.

Se está haciendo experiencia con el relleno de cavas de antiguas canteras, con el control de la Dirección de Minería de la provincia, de manera tal que la disposición sea únicamente con residuos inertes. Si bien no se paga por RCD para rellenar, de esta manera se logra recuperar terrenos que prácticamente no tienen valor económico en estas condiciones.

## **CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Del trabajo realizado surgieron las siguientes conclusiones:

Se encontró que la metodología propuesta para el seguimiento de las obras de construcción y demolición, y los dispositivos diseñados al efecto, resultaron apropiados para identificar y clasificar los diferentes tipos de residuos generados, a través de las distintas etapas de obra, y ha permitido elaborar la propuesta de codificación de los mismos para San Miguel de Tucumán.

Se observó que en el caso de las construcciones de obras nuevas, los residuos que más se generan son los restos de revoques y mezclas de asiento, trozos de ladrillos y en menor cantidad yeso, plásticos y papeles de envolturas. Para el caso de las demoliciones son restos de revoques, mezclas de asiento de ladrillos, restos de hormigón, trozos de ladrillos y de cerámicos. Su generación es similar a la de otros países.

Del análisis de las cantidades de residuos que las construcciones y demoliciones generan, se deduce que hay variaciones anuales y que dependen principalmente del momento económico que atraviesa una región y de las políticas públicas.

También se observó que la generación de RCD es mayor en las demoliciones que en las construcciones por unidad de superficie. Si se analiza su relación en volumen es de 5 a 8:1 y en peso es de 10 a 20:1.

Los índices de generación de peso (Ip) y volumen (Iv) tienen una importancia relevante, porque sirven para que las empresas de construcción y de demolición puedan calcular la cantidad de RCD y planificar adecuadamente la gestión interna de obra (cantidad de contenedores necesarios por tipo de residuos, destino de los contenedores, etc.).

En base a la información suministrada por la Municipalidad de San Miguel de Tucumán, respecto a las superficies construidas de viviendas y edificios durante los años 2005 al 2009 y del seguimiento de obras, se pudo estimar que

el volumen de RCD generado por ellas fue de 134.188,01 m<sup>3</sup>. Para el caso de demolición no se pudo hacer una estimación ya que no se cuenta con registros de superficie demolida. Por otro lado se pudo detectar que parte de estos residuos son retirados por camiones sobre los que no existen registros. La variación de RCD generado en el período considerado es de 11.000 Ton/año a 23.000 Ton/año.

La modalidad del retiro de los RCD en contenedores depositados en la vía pública, permite que los vecinos depositen sus residuos domiciliarios y de restos de poda. Esta situación se ve agravada cuando estos residuos se queman, pues producen contaminación del aire y potencian más aún esta última acción cuando alcanzan a los plásticos provenientes de las obras.

De las encuestas realizadas a los vecinos se llega a la conclusión que todos conocen qué son los RCD y que la mayoría de los materiales retirados de las demoliciones tienen utilidad. Consideran también que el reuso de estos materiales es conveniente económica y ambientalmente, y estiman que hay que verificar si técnicamente lo es. Se percibe que no les preocupa la existencia o no de un lugar definido para llevar los RCD. La mayoría desconoce si son dañinos para la salud e ignoran si se tiene que realizar trámites u obtener permisos para retirar o recibir estos residuos.

Un análisis de la relación del medio ambiente con los RCD y la falta de una adecuada gestión de estos últimos, en San Miguel de Tucumán, demuestra que se producen diversos impactos ambientales desde el momento que se generan los RCD hasta su disposición final.

En cuanto al valor económico de los materiales retirados de una demolición se fijan considerando un porcentaje del nuevo y donde también influye el estado de los mismos.

Del estudio realizado se infiere que gran parte de los materiales retirados de las obras son recuperados y otros por desconocimiento de su reuso y reciclado, son descartados. Es importante resaltar que los áridos son los recursos naturales más consumidos en las obras, sea en morteros u hormigones. Sin embargo los grandes volúmenes de restos de hormigón dispersos en

vertederos clandestinos, evidencian que no existe la cultura de recuperarlos, ya que estos pueden triturarse y reutilizarse. En los relevamientos se pudo observar que una empresa recicla restos de materiales que contienen áridos, para elaborar morteros y argamasas. La cultura de reciclaje de estos materiales, es el mejor modo de disminuir el consumo de estos recursos naturales.

Mediante esta investigación se llegó a conocer la situación actual de los RCD en San Miguel de Tucumán, evidenciando la gran diferencia que existe sobre todo con los países desarrollados, y dejó al descubierto la necesidad de generar un sistema regulatorio adecuado para la gestión de los RCD.

En San Miguel de Tucumán no existe un costo por la disposición final de RCD, hay que tener en cuenta, que no siempre se va a mantener esta situación, ya que está demostrado que en los países que realizan gestión de los RCD se paga por disponer los mismos en plantas de tratamiento y disposición final. De esta manera si se piensa en reducir, reusar y reciclar habrá economía en materiales, en el traslado de los mismos y lo que implica su disposición final.

Reducir, reusar y reciclar lleva a un menor uso de recursos y de energía, por lo tanto, implícitamente el cuidado del medio ambiente. Cuanto mayor sea la cantidad de RCD que se transformen en recursos mayor será el logro.

## Recomendaciones

Es necesario integrar criterios de construcción dirigidos a alentar el uso de materiales que generen residuos fácilmente valorizables. Hay tendencias a utilizar materiales recuperables a través del reuso y el reciclado, porque está demostrado que producir materiales a partir de materia prima, consume más energía y recursos.

Cuando se realizan las excavaciones de fundaciones en los edificios en altura, se tendría que aprovechar aún más el suelo para uso en cortadas de ladrillos, a fin de evitar la generación de nuevas cavas y disposición en lugares inadecuados, a la vez que de esta manera se le da un aprovechamiento económico a lo que hoy es un Residuo.

Cuando se realiza una demolición, el mejor aprovechamiento lo realizan las empresas que se dedican a demoler y recuperar la mayor cantidad de materiales para ponerlos a la venta. Aquí es fundamental el asesoramiento técnico de personas con conocimiento en la materia, sobre todo cuando se recicla, a los fines de que los materiales brinden seguridad a las construcciones en las que se los va a utilizar, situación que actualmente no se da.

Se tiene que avanzar con propuestas de relleno con RCD de cavas de antiguas canteras, de cortadas de ladrillos y de cárcavas ocasionadas por procesos naturales, con el control del Estado, a fin de que únicamente se lo haga con materiales inertes.

Demostrar que económicamente es favorable reutilizar o reciclar los materiales originados en las construcciones y demoliciones, será una manera de incentivar la disminución de la generación de los RCD.

Una de las sugerencias para las oficinas de la Municipalidad de San Miguel de Tucumán, es que sean informatizados los datos y por otro lado que tengan disponibles las superficies demolidas, porque de esa manera se puede tener en forma expeditiva los volúmenes generados en cualquier momento.

Con este trabajo se pretende impulsar a que desde los organismos del Estado se establezcan leyes y normativas vinculadas a los RCD y que las empresas



constructoras y de demolición vean al manejo de los mismos como una oportunidad de negocio y de responsabilidad social.

Con esto se demuestra que es necesario realizar las gestiones internas y externas de las obras en general, donde se encuentran involucrados en este caso en particular la Municipalidad de San Miguel de Tucumán, las Empresas Constructoras, las Empresas de Demoliciones, los Propietarios, las Universidades y Emprendedores inmobiliarios entre otros. Esto tendrá implícito la prevención y minimización de la generación de los RCD y cuando estos sean generados habrá que reutilizarlos y reciclarlos, para enviar la menor cantidad a disposición final de forma adecuada. En definitiva que la mayor cantidad de estos materiales sean vistos como “recursos y no como residuos”.