

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la**

**Producción**

“Mejoramiento del Desalojo de Desechos Sólidos Residenciales

en un Cantón del Ecuador”

**TRABAJO PROFESIONAL**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

Jaime Francisco Calderón Romero

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2011

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que ayudaron y colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Jorge Abad Morán, Director de este Informe de Trabajo Profesional, por su invaluable ayuda.

## DEDICATORIA

A mi esposa quien me dio todo su apoyo para la realización de este trabajo.

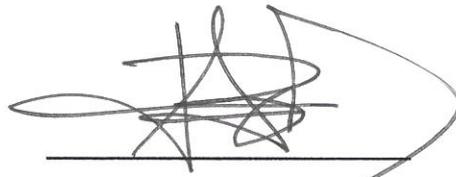
A mis hijos, de quienes tomé su tiempo de compartir conmigo para hacerlo.

A mis padres quienes no dudaron de verme convertido en un profesional.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Gustavo Guerrero M.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Jorge Abad M.  
DIRECTOR



Ing. Marcelo Espinosa L.  
VOCAL PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe de Trabajo Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jaime F. Calderón Romero', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Jaime F. Calderón Romero

## RESUMEN

En los cantones del país, el servicio de recolección de desechos sólidos residenciales, generalmente es realizado por los Municipios respectivos, servicio que en algunos casos, luego de un proceso de licitación, es entregado a la empresa privada, la cual se responsabiliza de la adquisición de vehículos recolectores de basura, la fabricación de herramientas (carretillas y contenedores) para el barrido de calles y de la implantación de un sistema de control, supervisión y difusión de las rutas y horarios de recolección, con la finalidad de brindar un buen servicio.

Durante la realización del servicio por parte de la empresa privada, surgieron problemas no contemplados, producto de un incremento alrededor del 100% en los volúmenes de basura recolectados. Los desechos sólidos eran depositados en un área intermedia de transferencia, para luego ser desalojados hacia un botadero ecológico diseñado especialmente para el tratamiento de este tipo de desechos. El volumen de basura recolectado era mucho mayor a la capacidad de desalojo del área de transferencia, lo que ocasionaba acumulación de desechos, demora en la descarga de los recolectores de basura, pago adicional de horas extras para el desalojo, contratación de maquinaria adicional, por consiguiente un incremento en el costo del desalojo.

El objetivo principal de este Trabajo Profesional, fue encontrar un mejor método de desalojo, que disminuyera los tiempos de evacuación de los desechos y produjera un ahorro en los costos de transporte asociados al mismo, para lo cual se presentó una propuesta de inversión, que consiste en la adquisición de nuevos equipos y herramientas diseñados para mejorar esta función.

Se hizo un levantamiento de datos de las productividades, se costeó la adquisición de los equipos necesarios, se realizaron cálculos para el dimensionamiento de la capacidad a instalar, para implantar el nuevo sistema, de tal forma que se pueda lograr los beneficios esperados.

Adicionalmente se presentó un análisis financiero de la inversión, obteniendo el respectivo TIR y VAN necesarios para justificar la misma y una evaluación a través de un análisis de sensibilidad, donde veremos el comportamiento de los precitados índices financieros, al modificar variables críticas de operación.

Finalmente, se presentarán los resultados alcanzados, luego de la implantación del nuevo sistema, y cuantificados en forma anual.

## INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN .....	I
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO 1.</b>	
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESALOJO Y SUS PROBLEMAS ..	3
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Objetivos .....	11
1.3 Descripción del método de recolección y de desalojo .....	12
1.4 Maquinaria y equipos utilizados .....	25
1.5 Productividad del método actual .....	30
<b>CAPITULO 2.</b>	
2. SOLUCION IMPLANTADA .....	42
2.1 Propuesta de mejoramiento .....	43
2.2 Maquinaria y equipos requeridos .....	52

2.3	Implantación del nuevo método .....	53
2.4	Productividad del nuevo método .....	55
2.5	Comparativos de productividad .....	58
2.6	Índices financieros y análisis de sensibilidad .....	60

### **CAPITULO 3.**

3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
----	--------------------------------------	----

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

## ABREVIATURAS

Bañer.	Bañera.
Capac.	Capacidad.
Cont.	Contenedor
D.	Diurno.
DN.	Diurno y Nocturno.
(ET-1).	Estación de Transferencia 1.
Frec.	Frecuencia.
GPS.	Sistema de Posicionamiento Global. (Siglas en Inglés).
Gral.	General.
Instal.	Instalación.
Kgs.	Kilogramos.
Km.	Kilómetros.
Lbs.	Libras.
M.I.	Muy Ilustre.
m <sup>2</sup> .	Metros cuadrados
m <sup>3</sup> .	Metros cúbicos.
mm.	Milímetros.
No.	Número.
plgs.	Pulgadas.
Prom.	Promedio.
Recuperac.	Recuperación.
Sem.	Semana.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
Ton.	Tonelada.
Tons.	Toneladas.
Trab.	Trabajados.
V.	Viaje.
VAN	Valor Actual Neto.
Yds <sup>3</sup> .	Yardas Cúbicas.

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Cronograma de labores .....	10
Figura 1.2 Recolector con basura en la tolva .....	14
Figura 1.3 Recolector con la tolva levantada .....	14
Figura 1.4 Sacos llenos con basura .....	15
Figura 1.5 Carretillero con su equipo completo .....	16
Figura 1.6 Contenedor de 4 m <sup>3</sup> en una industria .....	17
Figura 1.7 Recolector levantando un contenedor de 4 m <sup>3</sup> .....	18
Figura 1.8 Contenedor de 25 m <sup>3</sup> .....	19
Figura 1.9 Roll-on levantando un contenedor de 25m <sup>3</sup> .....	20
Figura 1.10 Roll-on con un contenedor de 25m <sup>3</sup> .....	20
Figura 1.11 Compactador estacionario .....	21
Figura 1.12 Terminal de Transferencia ET-1 .....	22
Figura 1.13 Recolector de 25 yds <sup>3</sup> .....	26
Figura 1.14 Contenedor de 4 m <sup>3</sup> .....	26
Figura 1.15 Carretillas para recolección en la calle .....	27
Figura 1.16 Vehículo Roll-on .....	28
Figura 1.17 Contenedor de 25m <sup>3</sup> .....	29
Figura 2.1 Compactador estacionario con su caja .....	51
Figura 2.2 cronograma de implantación .....	54

## INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1	Equipos adquiridos .....	1
Tabla No. 2	Recolección diaria por viaje .....	34
Tabla No. 3	Recolección semanal en recolectores .....	35
Tabla No. 4	Recolección semanal en cajas Roll-on .....	36
Tabla No. 5	Desalojo diario del ET-1 .....	40
Tabla No. 6	Desalojo semanal en el ET-1 .....	41
Tabla No. 7	Evacuación aumentando la capacidad de carga .....	47
Tabla No. 8	Desalojo semanal en el ET-1 .....	47
Tabla No. 9	Costo de Tonelada desalojada .....	48
Tabla No. 10	Equipos a reacondicionar .....	52
Tabla No. 11	Evacuación en compactadores estacionarios .....	57
Tabla No. 12	Desalojo semanal en cajas Roll-on .....	57
Tabla No. 13	Comparativo de productividad y costos .....	58
Tabla No. 14	Costos de evacuación .....	61
Tabla No. 15	Inversión inicial .....	63
Tabla No. 16	Flujo de caja anualizado .....	64
Tabla No. 17	Costos de evacuación escenario 1 .....	67
Tabla No. 18	Flujo de caja anualizado escenario 1 .....	68
Tabla No. 19	Costos de evacuación escenario 2 .....	70
Tabla No. 20	Flujo de caja anualizado escenario 2 .....	71
Tabla No. 21	Costos de evacuación escenario 3 .....	73
Tabla No. 22	Flujo de caja anualizado escenario 3 .....	74
Tabla No. 23	Resumen de análisis de sensibilidad .....	75

## INTRODUCCIÓN

Una vez que las compañías especializadas en brindar el servicio de recolección de desechos sólidos, son adjudicadas con un contrato para la recolección de los mismos en algún sector, cantón o provincia del país, éstas deben estar preparadas para las problemáticas que se presentan al arranque de las operaciones.

La mejora del proceso de desalojo de estos desechos, que se presentará en este Informe de Trabajo Profesional, responde a la necesidad de solucionar el problema de acumulación de basura en la terminal de transferencia ET-1 intermedia para la recolección de desechos, previ6 a la disposici6n final en el botadero ecol6gico.

Generalmente, los c6lculos de la capacidad instalada de equipos necesarios para brindar este servicio, que se presenta en las ofertas, est6 basada en la informaci6n hist6rica de toneladas recogidas en el tiempo, informaci6n entregada por la empresa que presta el servicio antes de ser tercerizado, cuyas productividades no necesariamente son las mejores ni reales.

Al iniciarse la operación, las diferencias de productividad fueron alarmantes, la cantidad de basura recolectada en forma diaria, superaba la capacidad de desalojo del terminal de transferencia intermedio hacia el botadero final, motivo por el cual, se requirió la implementación de una solución, que permita un desalojo equilibrado de la basura. La solución debe considerar la menor inversión posible en activos y equipos y generar una reducción de los costos en la operación de desalojo.

Se presentó una propuesta de mejora, realizando una inversión en equipos estacionarios de compactación, en cajas contenedores para basura de 25 yds<sup>3</sup>, y en la rehabilitación de unidades de transporte Roll-on antiguas, que permitan agilizar el proceso de desalojo. La inversión total en equipos y el costo de habilitación de las unidades antiguas, se la justificó en base al ahorro obtenido en el proceso de transportación hasta el botadero final, al transportar mayor peso en cada viaje, producto de la compactación de la basura con los equipos estacionarios.

Adicionalmente, a los índices financieros (TIR y VAN) que justificaron la inversión, se presentó un análisis de sensibilidad, considerando variaciones en el costo de los insumos principales de la operación de transporte, esto es el combustible, lubricantes y llantas.

# **CAPÍTULO 1.**

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESALOJO Y SUS PROBLEMAS**

El servicio de recolección de desechos sólidos o basura doméstica, es uno de los servicios más peligrosos y complejos que se pueden prestar a los habitantes de una comunidad, según los entendidos en la materia, principalmente por el producto que se transporta, cuyo manejo y manipulación es extremadamente desagradable; La fuerza laboral, está expuesta a ambientes de trabajo contaminados y sin asepsia, que se convierten en caldo de cultivo, para el desarrollo de enfermedades de origen bacteriano y parasitario, producto de la descomposición química de los desechos, que producen ácidos tan fuertes, que son capaces de corroer los más duros metales; Asimismo, los equipos y maquinaria utilizados para dar este servicio, están sometidos a las más extremas condiciones de trabajo, debido a que su configuración y características

técnicas de diseño, pensados para equipos de trabajo pesado, desarrollan sus actividades en un entorno geográfico citadino, de calles estrechas, recorridos cortos y maniobras de giro, aceleración y frenado constantes.

Por otro lado, se brinda el servicio a uno de los clientes más exigentes de satisfacer, el ciudadano común de cantones y ciudades, cuya opinión pública es un termómetro casi exacto de la calidad del servicio; considerando adicionalmente, que este servicio es un elemento clave, como arma política, de la cual, muchos han hecho plataforma, o lo han utilizado a favor o en contra de sus oponentes en época de elecciones.

### **1.1. Antecedentes.**

Uno de los principales obstáculos que se presentan al inicio de las actividades de recolección de desechos sólidos domiciliarios, sobre todo cuando se trata de un servicio privado, es la falta de costumbre y disciplina de la población y habitantes de las zonas donde se prestará el servicio, para cumplir con las nuevas normas y horarios establecidos para la recolección, sobre todo porque la costumbre de sacar los desechos sólidos a cualquier hora, está fuertemente arraigada por muchísimos años en las amas de casa y en las

empresas, que ahora tendrán que sacar la basura a los portales según los horarios establecidos.

En la gran mayoría de los cantones del País, tanto para las parroquias urbanas como rurales, este servicio lo realiza la empresa pública, a través de los M.I. Municipios y para el caso de poblaciones menores, recintos o comunas, el servicio es informal o realizado por común acuerdo y a costo de la comunidad. Estos servicios municipales tienen generalmente índices de gestión, productividad y eficiencia por debajo de los estándares internacionales.

Otro de los obstáculos a vencer, fue la erradicación de una actividad paralela a la de recolección de basura, esta actividad mal llamada “reciclaje”, o clasificación de la basura, por parte de los mismos trabajadores de las empresas municipales, a quienes les generaba ingresos personales extras, y por otro lado, los ciudadanos desempleados o indigentes, que encontraron una forma de vida en la venta de cartón, plástico o vidrios, que se extraían de las fundas de basura dejadas en los portales y esquinas de las casas a lo largo de la ciudad.

Los sindicatos de trabajadores mal dirigidos, el alto costo operativo por tonelada recogida de desechos, el re-trabajo, la falta de control y

supervisión en las labores diarias y el exceso de personal, son los principales factores, para que las M.I. Municipalidades, tomen la decisión de llamar a un concurso público y realizar una licitación, con el objetivo de entregar a la empresa privada, la responsabilidad de la ejecución de esta labor, para dedicarse exclusivamente a las tareas de supervisión, control y auditoría del servicio prestado.

La tarea de desarrollar una oferta económica para su posterior presentación, es un trabajo arduo, generalmente en este tipo de concursos, se presentan varias empresas y consorcios internacionales; los participantes deben cumplir con las bases de la licitación al pie de la letra, sin descuidar el más mínimo detalle, se debe realizar una estimación de costos, sin contar con una experiencia anterior que permita establecer los parámetros de operación. Con la finalidad de obtener información de primera mano y lo más confiable posible, se trasladó a un equipo humano al cantón donde se prestaría el servicio de recolección de desechos domiciliarios, para que se dedicara exclusivamente a trabajar en la propuesta económica a presentarse en el concurso.

Se comenzó con un mapeo de la ciudad, donde se establecieron límites y zonas geográficas, para definir los recorridos de los recolectores de basura, así mismo, se delinearon recorridos para el

personal de apoyo en las calles con el proceso de barrido manual y finalmente se realizó un censo industrial, con la finalidad de obtener un estimado de la cantidad de toneladas de basura a recoger, lo que permitiría establecer los potenciales ingresos, obteniendo un punto de partida para estimar y establecer costos de operación, de esta forma se obtendría un presupuesto operativo que permita calcular el costo final por tonelada transportada. A este costo, se le incrementaría un margen de utilidad, lo que daría el precio final de la tonelada transportada a ser presentado en la oferta económica.

Una vez cumplidos los plazos, abiertas las propuestas y posterior análisis, se adjudica la responsabilidad de brindar este servicio, a la empresa privada que presentó la mejor oferta, contando con un plazo de 9 meses para iniciar operaciones.

Entre las primeras actividades a cumplir, una vez firmado el contrato, como se observa en la Tabla No. 1, fue la adquisición de los vehículos recolectores de basura, los vehículos Roll-on, la fabricación de las cajas compactadoras, las mismas que deben ser montadas sobre los vehículos antes mencionados; La fabricación de cajas Roll-on o contenedores de 25 m<sup>3</sup>, de contenedores de volteo de 4 m<sup>3</sup>, de carretillas para el barrido de calles, de vehículos de supervisión y de mantenimiento, el autobús para transporte de personal y la pala

cargadora para el trabajo en mercados e industrias de gran generación de desechos.

<b>EQUIPOS ADQUIRIDOS</b>	
<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Recolector de 25 Yds <sup>3</sup>	11
Recolector de 20 Yds <sup>3</sup>	7
Camión Roll-on	2
Bus de personal	1
Camioneta de supervisión	5
Moto de supervisión	6
Pala cargadora	1
Vehículo de mantenimiento	2
Contenedor de volteo de 4 m <sup>3</sup>	8
Contenedor de 25 m <sup>3</sup>	4
Carretilla para barrido manual	300

**Tabla No. 1 Equipos adquiridos**

Se realizó el respectivo proceso de selección y contratación de personal, el equipamiento del patio de operaciones y oficinas tanto de las áreas administrativas, operaciones y mantenimiento mecánico, la instalación de equipos de computación, redes y cableado estructurado y radio comunicación. Adquisición de un sistema de ubicación satelital de los vehículos utilizando GPS (Sistema de Posicionamiento Global), según sus siglas en inglés. La adquisición de las herramientas y equipos necesarios para realizar los

mantenimientos, la adquisición de uniformes y equipos de trabajo, fueron algunas de las labores realizadas durante este periodo previo al inicio de las labores de recolección.

Luego de la contratación del personal, se tuvo un período de entrenamiento al nuevo personal, el mismo que se realizó durante un período de 30 días; así mismo, el personal operativo y de supervisión, fue sometido a pruebas de campo, con simulaciones y ejercicios prácticos, con la intención de que conozcan rutas y áreas de trabajo como la palma de la mano y que se acostumbren a los horarios exigentes de labores.

Finalmente, se inició un plan masivo de comunicación, a través de los principales medios de prensa radial, televisiva y escrita, con información para la ciudadanía, sobre el nuevo servicio que se prestaría, las mejoras y los beneficios que se obtendrían, y lo más importante, difundir e informar sobre las frecuencias y horarios de recolección en cada zona geográfica en las cuales había sido dividido el cantón.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración	2002		2003											
					Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep			
1	Firma del contrato	25/11/2002	25/11/2002	0s	◆													
2	Compra recolectores carga trasera	26/11/2002	18/04/2003	20.8s	██													
3	Compra de recolectores Roll-on	25/11/2002	18/04/2003	21s	██													
4	Fabricación de cajas compactadoras	10/01/2003	14/05/2003	17.8s	██													
5	Fabricación de sobre-chassis	10/01/2003	14/05/2003	17.8s	██													
6	Montaje e instal. De compactadores	14/03/2003	13/06/2003	13.2s	██													
7	Montaje e instal. De sobre-chassis	14/03/2003	13/06/2003	13.2s	██													
8	Importación de recolectores	20/06/2003	18/07/2003	4.2s	██													
9	Instalación de equipos GPS	21/07/2003	15/08/2003	4s	██													
10	Instalación de radios, computadores	18/08/2003	29/08/2003	2s	██													
11	Fabricación de cajas Roll-on	25/02/2003	25/07/2003	21.8s	██													
12	Fabricación de contenedores de 4m3	03/04/2003	03/07/2003	13.2s	██													
13	Fabricación de carretillas	15/04/2003	15/07/2003	13.2s	██													
14	Compra vehículos de supervisión	25/06/2003	25/07/2003	4.6s	██													
15	Compra de bus de personal	20/03/2003	18/07/2003	17.4s	██													
16	Compra de pala cargadora	16/12/2002	15/08/2003	35s	██													
17	Equipamiento de instalaciones	02/12/2002	06/06/2003	27s	██													
18	Difusión radial de horarios	30/06/2003	30/10/2003	17.8s	██													
19	Selección y contratación de personal	27/05/2003	18/08/2003	12s	██													
20	Entrenamiento de personal	19/08/2003	22/08/2003	.8s	██													
21	Pruebas de campo en frío	25/08/2003	28/08/2003	.8s	██													
22	Arranque de operaciones	29/08/2003	29/08/2003	0s	◆													

**Figura 1.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Como se observa en la Figura 1.1., con todas las actividades realizadas previas al inicio de las actividades y con toda la infraestructura técnica, de equipos y humana lista, se arrancó con el servicio una mañana del 29 de Agosto del 2003.

Generalmente durante las fases de arranque de un proceso o de una nueva operación, se presentan inconvenientes o situaciones que se van solucionando al pasar de los días, esta curva de aprendizaje, podrá acortarse o alargarse, dependiendo de la complejidad del proceso u operación.

El servicio de recolección de basura, realizado por primera vez en un cantón, no es la excepción; en el caso tratado en este informe, también se presentaron inconvenientes, muchos de ellos pequeños, resueltos con el transcurrir de los días, sin embargo, se presentó uno en particular, de tal magnitud, que motivó la solicitud por parte de los directivos de la empresa, de presentar una propuesta de solución de forma inmediata.

## **1.2. Objetivos**

El objetivo principal de este trabajo profesional es presentar la solución implementada para el mejoramiento del desalojo de los desechos sólidos residenciales, en la estación intermedia de transferencia, previo al traslado hacia el botadero ecológico de disposición final. Este mejoramiento involucra una inversión económica por la compra de equipos y adecuación mecánica de vehículos.

Otro de los objetivos es demostrar la reducción de los costos en la operación de desalojo de los desechos. Ahorro que contribuyó económicamente en la justificación económica de la inversión.

Finalmente, presentar un análisis de sensibilidad, creando diferentes escenarios financieros, con el objetivo de asegurar en el tiempo el pago de la inversión, aunque ocurran eventos que alteren financieramente las condiciones de operación, como un incremento significativo en el precio del combustible o de los neumáticos, que son los rubros más costosos en una operación de transporte pesado.

### **1.3. Descripción del método de recolección y de desalojo.**

Antes de iniciar con un servicio de recolección de basura, es necesario realizar un mapeo de la ciudad, el mismo que se puede realizar con las herramientas electrónicas y digitales que existen en la actualidad, para que, con esta información, se pueda zonificar la ciudad y realizar el respectivo trazado de rutas, por las cuales los vehículos recolectores y los carretilleros transitarán durante los horarios y frecuencias establecidas, recolectando la basura. A los cantones se los divide en 3 zonas geográficas, Norte, Centro y Sur, a cada zona se la divide en cuadrantes, dentro de los cuales se

implantaron varias rutas de recolección, las mismas que a su vez, contemplaban que cada recolector hiciera su recorrido en 2 etapas.

La basura de hogar se recolecta con los camiones recolectores de 20yds<sup>3</sup> y de 25yds<sup>3</sup>, con un chofer y cuatro obreros, los mismos que se encargan de recoger las fundas o la basura dejada en hacinamientos a lo largo del recorrido de los vehículos y ponerla en la tolva de la caja compactadora, la misma que una vez llena, es accionada para que una cuchilla recolectora introduzca los desperdicios al interior de la caja compactadora, donde una pared interna, también accionada hidráulicamente, se encarga de mantener comprimida la basura con la finalidad de utilizar su máxima capacidad.

Estos camiones, también se encargan de recoger la basura que es recolectada por los carretilleros, en las cunetas y veredas de toda la ciudad, la misma que es puesta previamente en sacos y dejada en las esquinas y puntos acordados de recolección, dentro de las rutas trazadas para el recorrido de los recolectores. Como se observa en las figuras 1.2., 1.3. y 1.4.



**Fig. 1.2. RECOLECTOR CON BASURA EN LA TOLVA.**



**Fig. 1.3. RECOLECTOR CON LA TOLVA LEVANTADA.**



**Fig. 1.4. SACOS LLENOS CON BASURA**

Cada carretillero tiene un recorrido aproximado de 3 kilómetros diarios, dentro del cual recoge aproximadamente 1,000 Kgs. de basura, utilizando como herramientas una escoba, una pala, un machete y los sacos, como se observa en la figura 1.5.

Este proceso se realiza en dos turnos, diurno y nocturno, se comienza por las avenidas principales y a continuación las calles internas y transversales, recogiendo los desperdicios de las cunetas y depositándolos en sacos que son posteriormente recogidos por los recolectores de carga trasera.



**Fig. 1.5. CARRETILLERO CON SU EQUIPO COMPLETO**

Otra fuente de generación de desechos son las industrias, cuyo proceso de recolección se realiza en 2 etapas, la primera de forma interna, lo que significa que cada empresa es responsable de recolectar sus propios desperdicios, en contenedores apropiados y diseñados de tal forma que puedan ser maniobrados por los carros recolectores, como se observa en la figura 1.6. y 1.7. Cada empresa tiene su propia frecuencia de recolección de acuerdo a la capacidad de generación y además construirá a su costo la cantidad necesaria de contenedores, que permitan mantener los desechos debidamente concentrados en un solo sitio, lugar donde el recolector de basura se acercará y los vaciará dentro de la tolva.



**Fig. 1.6. CONTENEDOR DE 4 M<sup>3</sup> EN UNA INDUSTRIA.**



**Fig. 1.7. RECOLECTOR LEVANTANDO UN CONT. DE 4m<sup>3</sup>.**

Para cada uno de los tres métodos de recolección mencionados, la recolección con un vehículo recolector, el barrido de calles que se realiza con carretilla y herramientas manuales y la recolección en industrias utilizando contenedores, los operarios cuentan con sus respectivos equipos de protección personal, de tal forma que, la empresa y los empleados cumplan con las normas y procedimientos de seguridad, higiene y salud ocupacional exigidos en el contrato.

Existen puntos de altísima generación de desechos, como los mercados, ferias o industrias, que por su actividad o naturaleza de negocio, no se abastecen con contenedores de 4 m<sup>3</sup>, lo que requiere de la utilización de otro método de recolección, a través de vehículos

tipo Roll-on, los cuales pueden manipular contenedores con capacidad de hasta 25 m<sup>3</sup>, (figuras 1.8., 1.9. y 1.10.) que soportan un peso máximo de 25 Tons.



**Fig. 1.8. CONTENEDOR DE 25m<sup>3</sup>.**

Para este tipo de operaciones, normalmente se pone a disposición de los mercados e industrias, palas cargadoras de diferentes capacidades, que ayuden a evacuar rápidamente toda la basura y material de desperdicios.



**Fig. 1.9. ROLL- ON LEVANTANDO CONTENEDOR DE 25m<sup>3</sup>.**



**Fig. 1.10. ROLL- ON CON CONTENEDOR DE 25m<sup>3</sup>.**

Como se observa en la figura 1.11, estos mismos contenedores o cajas Roll-on, se pueden utilizar con una pequeña modificación, que permite que sean acoplados a un compactador estacionario de pared móvil, optimizando el almacenamiento de basura, y aprovechando el máximo espacio y capacidad de cada contenedor, al compactar la basura dentro de la misma.



**Fig. 1.11. COMPACTADOR ESTACIONARIO.**

A diferencia de la mayoría de cantones, donde la basura recolectada es llevada directamente al botadero final, el servicio analizado en este trabajo profesional, presenta una variación en el proceso, se utilizó un punto intermedio de descarga de los desechos, previo a ser transportados al botadero final. A esta estación intermedia, se lo denominó ET-1 (Estación de Transferencia 1).



**Fig. 1.12. TERMINAL DE TRANSFERENCIA ET-1**

Como se observa en la figura 1.12., la estación de transferencia 1 (ET-1), tiene un área de 15.000 m<sup>2</sup> aproximadamente, dentro de la cual existen pendientes y desniveles que dificultan la operación interna. Previo al ingreso de los recolectores de carga trasera a descargar los desechos, éstos deben ser sometidos a un proceso de pesaje, para determinar el volumen de basura transportado, valor que se obtiene por diferencia, al momento de pesar al mismo vehículo a la salida.

Una vez dentro, se descargan los vehículos en las áreas designadas, una pala cargadora, recoge y acumula basura en diferentes puntos, de tal forma que esté lista para ser cargada en los vehículos que la transportarán hasta el botadero final. Cada ingreso y egreso de un

vehículo al terminal de transferencia, hace que se genere un documento que certifica el peso del vehículo cargado y vacío, según sea el caso, comprobante que servirá para la posterior facturación del servicio.

Finalmente, una vez que los recolectores descargan los desechos en la estación ET-1 y éstos son agrupados, se procede con la carga a los vehículos de transporte hacia el botadero final. Estos vehículos por lo general, son volquetas y/o tracto-camiones con bañeras abiertas, que transportan la basura al granel y en forma dispersa.

Este proceso final de desalojo de basura de la estación de transferencia ET-1, hacia el botadero final, fue el causante de la creación de un cuello de botella en la operación de recolección diaria de desechos, producto de un incremento prácticamente del 100% en los volúmenes de basura recogidos diariamente, y por el aumento del tráfico vehicular interno de la estación de Transferencia.

La dificultad de realizar maniobras internas, la demora en la descarga de los recolectores, las largas filas a la entrada del terminal, llegando incluso a niveles de espera de 1 hora, ocasionó que el nivel de servicio del proceso de recolección de basura disminuya.

El problema más grave fue que las toneladas de basura recolectadas durante el día, fueron mayores a las toneladas de basura evacuadas, lo que dejaba un remanente diario por ser desalojado al día siguiente, remanente que día a día se incrementaba, aumentándose la gravedad de los problemas hacia el final de la semana, lo que obligaba a incrementar la capacidad instalada para el desalojo de basura, elevando considerablemente el costo de evacuación.

Aquí es donde se presentó una oportunidad de mejora y fueron estos factores, los determinantes para que la administración general de la empresa, solicite la presentación de una propuesta de mejora en el proceso de evacuación de los desechos en el terminal de transferencia ET-1.

El hecho de extender los horarios de trabajo, que significó el pago de horas extras a los trabajadores, la contratación de una pala cargadora adicional, que se encargue del manejo de la basura dentro del terminal, para que la otra ya existente, se encargue de cargar los camiones para el desalojo, el incremento de viajes realizados por los camiones encargados de la evacuación, fueron los principales costos que se incrementaron y que sirvieron de base para el cálculo económico de la propuesta de mejora para el desalojo de desechos

sólidos domiciliarios desde el terminal de transferencia ET-1 hasta el botadero final, situado en las afueras del cantón.

#### **1.4. Maquinaria y equipos utilizados**

Para el proceso de recolección de basura doméstica se utilizó tracto-camiones de procedencia Norteamericana, marca International modelo 7600 6X4, con motor Caterpillar modelo C-10 y una unidad de carga trasera, de procedencia Canadiense, modelo CRE-25, marca Chagnon, con capacidad de 25 Yds<sup>3</sup>, como se observa en la figura 1.13., también se utilizó tracto-camiones igualmente de procedencia Norteamericana, marca International, modelo 7400 4X2, con motor International modelo DT466E y una unidad de carga trasera, también de procedencia Canadiense, modelo CRE-20, marca Chagnon, con capacidad de 20 Yds<sup>3</sup>.

Ambas unidades pueden manipular los contenedores de volteo de 4m<sup>3</sup>, según se observa en la figura 1.14., de fabricación nacional, con capacidad de hasta 1 Ton, fabricados con plancha de hierro negro de 3 mm de espesor y reforzado estructuralmente con vigas UPN 80.

Estas cajas cuentan con 2 barras de acero, en la parte superior, que hacen las veces de soporte, permitiendo el volteo de la caja para depositar la basura dentro de la tolva del recolector.



**Fig. 1.13. RECOLECTOR DE 25 YDS<sup>3</sup>.**



**Fig. 1.14. CONTENEDOR DE 4M<sup>3</sup>.**

A estos contenedores se lo somete a un proceso de fosfatizado y desoxidado, previo a la aplicación de las pinturas base y pinturas de acabado. Estos contenedores son utilizados en industrias de baja y mediana generación de basura.

El barrido se lo realiza con una escoba, un recogedor y un machete, los desechos y material recogido en las cunetas y aceras, se depositan en un saco, que se soporta en un aro fijo a las carretillas metálicas de 2 ruedas, como se aprecia en la figura 1.15., estos sacos son recogidos posteriormente por los recolectores de carga trasera, durante sus recorridos diarios.



**Fig. 1.15. CARRETILLAS PARA RECOLECCION EN LA CALLE**

Para la recolección de desechos en industrias de alta generación, se utilizan los mismos tracto-camiones marca International modelo 7600 6X4, con motor Caterpillar C-10 y una unidad de carga modelo CRO-60, marca Chagnon, con capacidad de 60,000 Lbs., la misma que permite la elevación del sobre-chassis mediante dos cilindros hidráulicos situados a cada lado del vehículo, y asimismo, mediante un sistema de poleas y cilindros hidráulicos, produce un movimiento longitudinal de un gancho y un estrobo, que permite subir y bajar un contenedor de 25 m<sup>3</sup>, con una capacidad de hasta 25 Tons.



**Fig. 1.16. VEHICULO ROLL-ON**

Estos contenedores de 25 m<sup>3</sup>, son conocidos como cajas Roll-on, contruidos con plancha de hierro negro de 4 mm de espesor, reforzado con vigas UPN 100 y parantes laterales, la misma que

descansa sobre 4 ruedas de 8 plgs. de diámetro. En la parte inferior tiene 2 patines a todo lo largo del contenedor, que permiten la operación de carga con el sistema Roll-on de las unidades antes mencionadas, como se aprecia en las figuras 1.16. y 1.17.



**Fig. 1.17. CONTENEDOR DE 25 M<sup>3</sup>.**

La operación de llenado de las cajas Roll-on, en los sitios de alta generación como mercados, ferias e industrias, se lo realizó con una pala cargadora Marca Caterpillar modelo 938-G, trabajo que fue complementado con una mini-cargadora de ruedas y un equipo de obreros.

### 1.5. Productividad del método actual

A continuación en la Tabla No. 2, se presentan los datos obtenidos de recolección diaria por viaje de los desechos, de cada uno de los viajes realizados durante una semana. Posteriormente, se van a proyectar a un año, para obtener información base para los primeros cálculos.

RECOLECCIÓN DIARIA POR VIAJE (Ton)

DISCO		LUNES							
No.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	
1	101								
2	102	13.37	11.67	12.06	13.52				
3	103	13.30	13.95	14.76	14.33				
4	104	13.52	13.09	13.43	12.09				
5	105	12.31	12.68	12.81	14.04				
6	106	12.69	12.86	12.75	11.98				
7	107	13.12	12.40	13.89	14.16				
8	108	13.24	14.55	14.47	11.52				
9	109	12.62	13.28						
10	110	12.96	14.15						
11	111	12.55	13.96						
12	151								
13	152	7.91	7.84	7.43	9.22				
14	153	9.51	9.84	7.58	10.72				
15	154	9.39	10.64	10.47	7.77				
16	155	10.33	9.44	9.43	9.08				
17	156								
18	157	8.15	8.79						
19	201	6.44	5.76	5.63	6.61	5.20	6.23	6.16	6.09
20	202	5.76	3.50	5.38	4.33	4.29	3.20	3.74	3.23

<b>DISCO</b>		<b>MARTES</b>							
<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	101	12.00	12.94	12.74	13.25				
2	102								
3	103	12.27	13.58	11.84	13.62				
4	104	11.63	14.51	12.32	13.44				
5	105	12.98	13.51	12.89	12.86				
6	106	12.18	11.63	11.69	13.88				
7	107	13.83	12.77	13.92	14.29				
8	108	14.20	12.96	14.53	12.40				
9	109	13.19	11.58						
10	110	12.95	13.65						
11	111	12.27	13.62						
12	151	10.07	8.06	9.22	9.24				
13	152								
14	153	8.66	9.81	9.89	10.02				
15	154	9.80	9.14	10.13	8.82				
16	155								
17	156	9.50	9.41	7.48	7.31				
18	157	9.69	10.12						
19	201	5.89	5.50	5.13	5.13	4.55	4.96	6.17	5.36
20	202	5.62	4.01	5.21	4.31	4.43	4.94	3.81	4.26
<b>DISCO</b>		<b>MIERCOLES</b>							
<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	101	13.85	14.45	14.20	12.90				
2	102	12.60	12.75	11.49	12.82				
3	103								
4	104	12.08	13.02	11.39	12.51				
5	105	13.98	14.65	12.48	12.83				
6	106	13.31	13.56	11.77	14.49				
7	107	13.57	12.83	13.33	11.63				
8	108								
9	109	13.06	12.09						
10	110	11.84	13.03						
11	111	14.08	13.47						
12	151	8.34	7.77	8.30	9.80				
13	152	9.90	7.92	9.60	9.92				
14	153								
15	154	9.23	8.41	9.06	9.00				

<b>DISCO</b>		<b>MIERCOLES</b>							
<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
16	155	10.57	7.67	9.05	8.74				
17	156	8.83	8.93	9.48	8.41				
18	157	9.93	8.70						
19	201	5.20	6.67	5.74	6.18	6.08	6.62	6.82	7.09
20	202	4.19	4.61	4.97	5.86	3.40	5.56	4.23	6.14
<b>DISCO</b>		<b>JUEVES</b>							
<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	101	13.22	13.34	13.17	13.13				
2	102	13.73	13.96	12.94	14.46				
3	103	12.47	13.23	12.40	14.15				
4	104								
5	105	12.03	14.28	11.62	13.16				
6	106	14.36	13.35	14.18	13.75				
7	107	11.88	11.96	13.09	12.80				
8	108	11.86	11.47	12.94	11.81				
9	109	13.83	13.33						
10	110	13.23	11.25						
11	111	12.85	11.89						
12	151	7.58	7.52	7.92	9.07				
13	152	9.17	9.80	8.28	8.86				
14	153	8.95	9.24	8.71	7.96				
15	154								
16	155	9.33	7.21	10.23	8.96				
17	156	9.20	9.80	9.99	9.99				
18	157								
19	201	5.15	6.18	5.71	6.79	5.37	5.81	5.16	7.05
20	202	4.76	5.10	5.04	6.21	4.22	6.66	4.77	4.91
<b>DISCO</b>		<b>VIERNES</b>							
<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	101	12.35	11.57	12.20	14.22				
2	102	13.10	13.53	12.26	12.74				
3	103	13.20	12.34	12.67	13.23				
4	104	12.37	14.83	12.91	11.85				
5	105								
6	106	12.36	13.28	13.89	12.06				
7	107								

<b>DISCO</b>		<b>VIERNES</b>							
	<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
8	108	12.22	13.82	14.11	12.57				
9	109	11.70	11.67						
10	110	13.73	13.09						
11	111	12.89	12.12						
12	151	10.19	10.20	8.72	7.48				
13	152	9.41	9.15	10.28	8.96				
14	153	7.71	10.33	7.63	8.79				
15	154	9.48	9.41	8.70	8.76				
16	155								
17	156	8.60	8.18	8.72	8.78				
18	157	8.13	9.01						
19	201	4.92	7.36	5.07	6.20	5.68	5.54	7.42	4.58
20	202	5.18	4.94	4.28	3.90	4.78	3.82	6.30	6.36
<b>DISCO</b>		<b>SABADO</b>							
	<b>No.</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	101	12.22	14.58	12.67	12.40				
2	102	11.99	13.44	13.13	12.47				
3	103	12.16	13.82	12.71	13.91				
4	104	13.71	13.68	12.70	12.43				
5	105	14.33	13.41	13.18	13.28				
6	106								
7	107	12.65	14.37	13.68	12.61				
8	108	14.72	14.21	13.86	13.21				
9	109	13.47	11.62						
10	110								
11	111								
12	151	8.30	9.20	8.30	9.76				
13	152	8.76	7.88	9.26	9.26				
14	153	9.89	9.62	10.15	9.48				
15	154	9.51	9.12	10.23	7.78				
16	155	7.69	9.54	7.25	9.33				
17	156	8.87	8.20	9.24	7.20				
18	157	9.94	9.35						
19	201	6.83	6.79	7.08	5.63	6.47	6.37	6.72	6.27
20	202	6.17	4.84	4.32	6.96	5.94	4.80	6.09	4.55

	DISCO		DOMINGO						
	No.	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	101	12.77	12.92	13.38	13.26				
2	102	12.30	13.34	14.11	12.26				
3	103	13.50	13.79	13.99	11.64				
4	104	14.29	12.95	14.11	12.06				
5	105								
6	106								
7	107								
8	108								
9	109								
10	110	13.74	12.64						
11	111								
12	151	8.22	7.30	9.37	9.09				
13	152	9.22	7.92	8.84	8.35				
14	153	8.71	9.35	10.16	9.90				
15	154								
16	155	8.85	10.24	10.08	9.14				
17	156	8.37	9.18	8.52	8.63				
18	157								
19	201	7.36	5.84	5.86	7.46				
20	202	4.78	4.25	4.05	5.12				

**Tabla No. 2 RECOLECCION DIARIA POR VIAJE (TONS)**

El resumen semanal de los datos diarios que se obtuvieron de la recolección de desechos en los recolectores de carga trasera, tanto de 25yds<sup>3</sup>, como de 20yds<sup>3</sup>, se muestran en la tabla No.3, donde también se observa, la frecuencia diaria de trabajo de cada uno de ellos, los días trabajados en la semana, la cantidad de viajes hechos durante el día, las toneladas recogidas promedio por viaje y por día.

### RECOLECCIÓN SEMANAL EN RECOLECTORES

No.	CAPAC.	FREC.	DÍAS	VIAJES	TONS.	TONS.	TONS.
	(YDS <sup>3</sup> )	D - DN	TRAB.	DIA	PROM. VIAJE	PROM. DIA	PROM. SEMANA
101	25	DN	6	4	12.75	50.98	305.91
102	25	DN	6	4	13.03	52.12	312.72
103	25	DN	6	4	13.00	52.00	312.03
104	25	DN	6	4	13.01	52.06	312.34
105	25	DN	5	4	13.05	52.20	261.02
106	25	DN	5	4	12.94	51.76	258.78
107	25	DN	5	4	12.87	51.47	257.35
108	25	DN	5	4	13.07	52.29	261.44
109	25	D	6	2	12.96	25.93	155.56
110	25	D	6	2	13.06	26.12	156.75
111	25	D	5	2	12.94	25.88	129.40
151	20	DN	6	4	9.06	36.22	217.33
152	20	DN	6	4	9.03	36.13	216.80
153	20	DN	6	4	8.83	35.32	211.90
154	20	DN	5	4	8.71	34.84	174.19
155	20	DN	5	4	8.92	35.68	178.42
156	20	DN	5	4	10.75	43.02	215.10
157	20	D	5	2	8.91	17.83	89.14
<b>TOTAL</b>							<b>4026.17</b>

**Tabla No. 3 RECOLECCION SEMANAL EN RECOLECTORES.**

De igual forma, se presenta la tabla No. 4 con los datos de recolección de desechos en los contenedores o cajas Roll-on de 25m<sup>3</sup> de capacidad, tanto para las cajas propiedad de la compañía que da el servicio, como las cajas que pertenecen a las diferentes industrias situadas a lo largo del cantón.

### RECOLECCIÓN SEMANAL EN CAJAS ROLL-ON (TONS)

No.	CAPAC. (YDS <sup>3</sup> )	FREC. D - DN	DÍAS TRAB.	VIAJES DIA	TONS.	TONS	TONS
					PROM VIAJE	PROM DIA	PROM SEMANA
QL-001	25	D	7	1	12.59	12.59	88.13
QL-002	25	D	7	1	8.66	8.66	60.62
QL-003	25	D	7	1	9.31	9.31	65.17
QL-004	25	D	7	1	6.13	6.13	42.91
PRIVADA	25	D	1	1	2.25	2.25	2.25
PRIVADA	25	D	3	1	3.38	3.38	10.14
PRIVADA	25	D	1	1	5.22	5.22	5.22
PRIVADA	25	D	2	1	8.65	8.65	17.30
PRIVADA	25	D	3	1	1.64	1.64	4.92
PRIVADA	25	D	2	1	3.98	3.98	7.96
PRIVADA	25	D	1	1	4.27	4.27	4.27
PRIVADA	25	D	3	1	1.46	1.46	4.38
PRIVADA	25	D	2	1	6.39	6.39	12.78
PRIVADA	25	D	2	1	4.16	4.16	8.32
PRIVADA	25	D	1	1	4.61	4.61	4.61
PRIVADA	25	D	1	1	2.81	2.81	2.81
PRIVADA	25	D	3	1	3.33	3.33	9.99
PRIVADA	25	D	3	1	5.99	5.99	17.97
PRIVADA	25	D	3	1	4.64	4.64	13.92
PRIVADA	25	D	2	1	12.77	12.77	25.54
PRIVADA	25	D	1	1	6.83	6.83	6.83
PRIVADA	25	D	2	1	5.64	5.64	11.28
PRIVADA	25	D	1	1	2.97	2.97	2.97
PRIVADA	25	D	3	1	1.32	1.32	3.96
PRIVADA	25	D	1	1	4.55	4.55	4.55
PRIVADA	25	D	2	1	3.41	3.41	6.82
PRIVADA	25	D	3	1	4.16	4.16	12.48
PRIVADA	25	D	2	1	4.94	4.94	9.88
PRIVADA	25	D	2	1	3.23	3.23	6.46
PRIVADA	25	D	2	1	9.23	9.23	18.46
<b>TOTAL</b>							<b>492.90</b>

**Tabla No. 4 RECOLECCION SEMANAL EN CAJAS ROLL-ON (TONS)**

Con la información de los viajes diarios realizados por los recolectores de carga trasera y los viajes realizados con cajas Roll-on, se efectuó un levantamiento de información de los pesos transportados en cada uno de los viajes realizados durante el desalojo de la basura, desde el terminal de transferencia, hacia el botadero final, como se detalla en la tabla No. 5.

### DESALOJO DIARIO DEL ET-1

		LUNES							
TIPO		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	VOLQUETE	6.08	5.36	6.74	7.81	5.02	5.80	7.22	7.31
2	VOLQUETE	5.82	5.21	6.62	5.23	6.69	6.02	5.61	6.51
3	VOLQUETE	5.91	6.62	4.89	6.30	7.28	6.15	6.06	6.81
4	VOLQUETE	6.39	6.13	6.56	5.67	6.16	5.03	5.60	5.95
5	VOLQUETE	5.97	6.58	5.75	5.89	5.96	5.10	5.72	6.31
6	VOLQUETE	6.31	5.81	5.87	4.66	7.24	5.09	6.11	6.82
7	VOLQUETE	6.80	6.36	6.29	5.33	5.93	7.76	5.28	5.93
8	BAÑERAS	9.96	9.17	9.41	9.71	9.40	9.96	10.18	9.69
9	BAÑERAS	9.17	9.00	8.41	8.44	8.07	8.91	10.35	10.46
10	BAÑERAS	8.91	8.06	10.42	8.68	8.40	7.90	9.11	8.75
11	MULAS	9.05	7.93	7.97	9.28	9.16	7.34	8.05	6.42
12	MULAS	8.35	9.31	8.11	8.06	8.57	9.16	6.75	8.68
13	MULAS	8.04	8.02	8.48	6.61	7.46	7.57	8.64	7.87
		MARTES							
TIPO		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	VOLQUETE	5.78	6.21	7.34	6.58	5.02	7.14	4.95	5.34
2	VOLQUETE	7.74	6.94	4.80	5.05	5.44	5.75	5.57	4.68
3	VOLQUETE	6.39	5.58	6.77	5.66	5.76	5.98	6.59	5.72
4	VOLQUETE	7.28	6.76	6.46	5.31	4.71	6.05	6.66	5.94
5	VOLQUETE	6.26	5.88	5.01	5.82	5.04	6.45	5.81	4.71
6	VOLQUETE	6.98	5.22	6.77	5.98	5.24	5.35	6.26	6.54
7	VOLQUETE	6.61	5.50	6.43	6.44	7.26	6.69	5.99	6.77
8	BAÑERAS	9.68	8.87	8.69	8.21	9.12	9.84	9.74	10.22

<b>MARTES</b>									
	<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
9	BAÑERAS	9.38	9.13	9.95	7.79	8.97	7.79	8.48	10.37
10	BAÑERAS	8.13	10.16	8.13	8.80	7.19	8.41	7.91	10.09
11	MULAS	8.16	7.84	8.96	8.64	8.61	9.02	9.57	7.49
12	MULAS	7.75	7.91	7.22	9.75	7.97	8.52	8.15	8.10
13	MULAS	7.40	7.83	8.32	9.65	7.57	7.78	8.98	8.33
<b>MIERCOLES</b>									
	<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	VOLQUETE	6.43	4.68	5.53	7.81	5.76	6.10	5.94	5.72
2	VOLQUETE	6.58	5.72	5.96	6.83	5.27	6.45	5.79	5.93
3	VOLQUETE	5.25	6.66	7.12	5.12	6.93	6.16	6.11	6.61
4	VOLQUETE	7.77	7.37	5.28	5.82	6.00	5.89	6.53	5.98
5	VOLQUETE	5.95	7.45	5.14	6.13	6.54	4.43	5.90	6.72
6	VOLQUETE	4.49	4.67	5.64	5.95	6.88	4.46	5.93	6.24
7	VOLQUETE	6.17	5.02	7.35	6.50	5.07	6.33	5.85	7.36
8	BAÑERAS	9.20	8.02	9.13	7.87	8.20	8.09	9.42	9.72
9	BAÑERAS	8.38	10.04	8.22	7.97	9.08	9.85	8.64	7.39
10	BAÑERAS	8.42	9.61	9.27	8.85	7.75	8.68	10.25	9.01
11	MULAS	8.28	7.72	9.51	8.65	6.89	8.18	8.86	8.23
12	MULAS	6.38	8.67	9.55	6.54	6.32	6.72	7.91	6.41
13	MULAS	8.69	6.75	8.44	6.96	6.66	8.56	7.97	8.01
<b>JUEVES</b>									
	<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	VOLQUETE	6.36	6.19	6.83	5.32	7.30	6.05	6.75	5.73
2	VOLQUETE	5.23	5.43	5.97	5.37	6.45	5.24	5.21	6.34
3	VOLQUETE	4.94	6.44	6.46	6.69	7.31	6.88	6.09	5.39
4	VOLQUETE	5.66	6.63	6.29	6.64	6.09	6.31	4.77	5.81
5	VOLQUETE	6.19	5.72	5.92	5.08	6.66	5.91	5.48	5.36
6	VOLQUETE	5.89	5.09	5.91	5.76	7.37	5.53	5.99	6.48
7	VOLQUETE	7.20	5.57	5.92	6.76	7.39	6.77	6.63	5.67
8	BAÑERAS	9.03	7.76	8.54	8.36	9.76	7.97	10.21	9.21
9	BAÑERAS	10.30	8.34	10.70	9.60	7.33	10.38	10.21	10.15
10	BAÑERAS	8.51	9.60	8.45	7.64	9.47	7.30	8.88	9.02
11	MULAS	8.37	8.00	7.49	9.09	8.68	8.47	8.83	7.41
12	MULAS	8.10	7.43	8.18	8.72	8.20	7.99	7.90	9.37
13	MULAS	9.15	6.79	8.88	7.03	7.37	7.64	6.25	7.31

		<b>VIERNES</b>							
<b>TIPO</b>		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	VOLQUETE	5.79	6.11	6.67	6.97	6.33	6.74	4.90	4.65
2	VOLQUETE	5.08	6.01	5.94	6.40	5.26	4.95	5.38	5.73
3	VOLQUETE	4.76	4.38	4.72	4.55	5.43	5.27	6.00	5.61
4	VOLQUETE	5.55	6.11	7.16	6.12	4.74	7.10	6.62	6.90
5	VOLQUETE	5.45	7.14	6.52	5.58	6.47	5.69	6.33	7.07
6	VOLQUETE	6.79	6.19	6.89	7.63	7.61	6.71	6.87	4.42
7	VOLQUETE	5.13	5.52	5.77	5.70	5.58	4.71	6.68	6.17
8	BAÑERAS	10.00	8.10	7.32	9.81	9.01	8.29	7.84	9.01
9	BAÑERAS	9.63	7.47	7.79	8.29	8.98	8.80	9.64	9.53
10	BAÑERAS	8.09	8.19	8.13	10.19	9.50	8.66	7.29	8.23
11	MULAS	8.60	8.88	9.17	8.35	8.88	7.88	8.44	6.69
12	MULAS	8.57	9.61	8.45	8.32	6.70	8.60	8.55	8.35
13	MULAS	8.72	8.48	8.33	7.33	6.81	8.09	8.27	8.91
		<b>SABADO</b>							
<b>TIPO</b>		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	VOLQUETE	6.17	5.41	6.92	6.50	5.95	4.74	5.56	5.18
2	VOLQUETE	5.56	5.79	6.34	5.81	5.03	5.36	5.34	6.78
3	VOLQUETE	6.51	7.05	5.61	7.34	5.75	5.67	7.02	5.76
4	VOLQUETE	5.55	5.49	5.85	5.50	7.01	6.44	7.87	6.50
5	VOLQUETE	6.77	5.97	5.12	5.26	7.09	6.20	6.03	6.70
6	VOLQUETE	6.91	5.99	5.79	4.93	5.28	5.91	6.55	5.27
7	VOLQUETE	5.52	6.13	7.05	5.93	6.02	4.38	6.05	4.91
8	BAÑERAS	9.06	7.84	8.15	7.44	9.25	9.49	9.57	7.94
9	BAÑERAS	9.36	8.84	7.17	7.68	8.51	8.33	9.61	8.21
10	BAÑERAS	9.13	10.01	8.83	7.51	9.83	9.38	7.93	9.80
11	MULAS	8.61	7.75	7.58	7.99	8.45	7.83	8.67	7.80
12	MULAS	8.51	9.27	7.96	8.69	7.11	8.78	8.20	8.00
13	MULAS	9.40	8.25	8.98	6.78	7.34	8.79	8.63	8.42
		<b>DOMINGO</b>							
<b>TIPO</b>		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	VOLQUETE	5.50	6.21	5.26	5.65	5.09	6.29	6.59	5.23
2	VOLQUETE	6.01	6.31	6.16	5.88	5.27	6.10	6.15	5.94
3	VOLQUETE	5.19	4.49	6.61	4.78	6.75	6.22	5.44	7.50
4	VOLQUETE	5.90	5.11	6.03	6.47	6.05	6.47	6.31	6.26
5	VOLQUETE	6.54	5.59	6.21	5.03	5.44	6.51	5.53	7.31

		DOMINGO							
TIPO		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
6	VOLQUETE	6.15	5.80	6.02	5.72	4.44	7.61	5.28	4.85
7	VOLQUETE	7.16	6.52	5.53	5.07	6.34	7.26	6.00	4.31
8	BAÑERAS	8.58	8.56	9.34	10.21	7.82	9.36	10.00	7.96
9	BAÑERAS	9.02	8.35	9.56	8.68	9.20	8.28	9.83	8.67
10	BAÑERAS	9.83	9.44	8.89	8.10	8.03	9.67	10.58	8.87
11	MULAS	8.77	7.42	6.65	9.06	7.21	9.32	6.71	6.84
12	MULAS	6.98	7.49	8.42	8.57	7.96	7.76	7.66	7.03
13	MULAS	6.55	8.39	7.94	7.96	9.56	7.36	7.05	7.00

**Tabla No. 5 DESALOJO DIARIO DEL ET-1.**

De forma resumida, se observará en la tabla No. 6, la información correspondiente a una semana de labores, donde se especifica el tipo de unidades de transporte utilizados para el desalojo de los desechos, su correspondiente capacidad de carga en metros cúbicos, la frecuencia de trabajo, tanto si es diurna como nocturna, la cantidad de días trabajados en la semana y la cantidad de viajes realizados en el día.

Finalmente, se realizaron los respectivos cálculos, para obtener los pesos promedio en Toneladas para cada viaje, los pesos promedio en toneladas desalojadas en el día y la cantidad promedio de toneladas de desechos sólidos desalojados del terminal de transferencia ET-1, hasta las instalaciones del botadero ecológico, destino final de estos residuos.

## DESALOJO SEMANAL EN ET-1

	TIPO	CAP. (M <sup>3</sup> )	FREC D - DN	DÍAS TRAB	VIAJES DIA	TONS. PROM VIAJE	TONS. PROM DIA	TONS. PROM SEMANA
1	VOLQ.	8	DN	7	8	6.05	48.37	338.60
2	VOLQ.	8	DN	7	8	5.82	46.58	326.05
3	VOLQ.	8	DN	7	8	6.02	48.14	336.99
4	VOLQ.	8	DN	7	8	6.15	49.23	344.58
5	VOLQ.	8	DN	7	8	5.97	47.77	334.38
6	VOLQ.	8	DN	7	8	5.97	47.74	334.18
7	BAÑER.	14	DN	7	8	8.97	71.76	502.30
8	BAÑER.	14	DN	7	8	8.94	71.52	500.64
9	BAÑER.	14	DN	7	8	8.82	70.55	493.84
10	MULAS	12	DN	7	8	8.21	65.67	459.70
11	MULAS	12	DN	7	8	8.08	64.61	452.26
12	MULAS	12	DN	7	8	7.93	63.48	444.35
<b>TOTAL</b>							<b>4,867.88</b>	

Tabla No. 6 DESALOJO SEMANAL EN EL ET-1.

# **CAPÍTULO 2.**

## **2. SOLUCIÓN IMPLANTADA**

Como se pudo observar en el capítulo anterior, el incremento en las toneladas de basura recogidas diariamente, fue el principal causante de los problemas detectados en el terminal de transferencia ET-1.

Considerando que la evacuación de los desechos sólidos, se realiza en un horario de trabajo de 07h00 a 19h00 y que el servicio de recolección de desechos es a doble turno, desde las 06h30 hasta las 17h00 en el turno diurno, y de las 18h30 hasta las 04h00 del día siguiente, para el turno nocturno, se observa claramente que a partir de las 19h00, la basura descargada de los recolectores, se acumula en el terminal de transferencia, sin que exista evacuación alguna, la misma que inicia desde las 07h00 del día siguiente hasta aproximadamente las 11h30, sin interrupciones, ya que a partir de esta hora llegan los primeros carros recolectores a descargar, volviéndose un ciclo continuo de operación.

Esta acumulación de basura en la noche, ocasiona los problemas más graves, debido a que por la falta de espacio físico, las maniobras de los vehículos que realizan la operación de desalojo, se dificultan al momento de ser cargados y se empeoran, cuando llegan los recolectores con la carga de basura recolectada en el primer viaje, formándose un cuello de botella a la entrada del terminal, provocando una demora en el proceso de recolección y los consiguientes atrasos en el inicio del segundo recorrido de cada turno y en la hora de llegada de los recolectores al campamento luego de cumplidas sus labores, dejando muy poco tiempo, para realizar los respectivos mantenimientos preventivos y correctivos de las unidades, previo al inicio de las labores del turno nocturno.

### **2.1. Propuesta de mejoramiento.**

Una vez que se levantó la información y se obtuvo los índices de productividad, tanto para la recolección como para el desalojo en el terminal de transferencia, se comenzó a trabajar en una propuesta de solución a los problemas presentados.

Es importante recalcar, que el objetivo principal de esta propuesta de mejoramiento, estuvo direccionado a la obtención de una solución, que permita una equilibrada evacuación de desechos del terminal de transferencia.

Primeramente, se investigó a través de Internet sobre empresas que se dedicaran a la misma actividad, de donde se pudo extraer alternativas de solución. Asimismo, se realizaron consultas al fabricante de las cajas compactadoras de los vehículos recolectores, para obtener información sobre nuevas formas o equipos que pudieran ayudar a optimizar esta tarea.

Luego de la información recibida de los proveedores, como primera alternativa, se buscó aumentar la capacidad de carga de los vehículos que realizan el desalojo de los desechos del terminal de transferencia ET-1, para lo cual se pensó como propuesta, la de contratar vehículos de mayor tamaño, con bañeras de mayor capacidad de carga, sin embargo, esta alternativa generó sólo una solución parcial.

Existía un mejoramiento en el desalojo de los desechos sólidos por utilizar vehículos con mayor capacidad y se disminuía la cantidad de viajes realizados, sin embargo, el costo de cada viaje realizado, era mayor, producto de operar un vehículo de mayor tamaño.

La cantidad de viajes realizados por día para el desalojo de los desechos sólidos, con los vehículos con bañeras de mayor capacidad de detallan en la tabla No. 7:

<b>LUNES</b>									
<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	BAÑERAS	9.44	8.90	7.41	7.54	10.04	8.23	8.66	8.63
2	BAÑERAS	10.20	10.79	8.49	8.58	7.45	8.93	9.79	10.15
3	BAÑERAS	9.18	8.97	9.17	9.31	8.48	9.37	9.25	9.09
4	BAÑERAS	10.18	9.39	9.25	8.55	9.94	8.51	9.21	7.43
5	BAÑERAS	7.15	9.51	8.81	8.71	9.02	9.12	8.02	8.75
6	BAÑERAS	10.48	9.78	9.39	8.92	8.31	9.38	10.32	9.42
7	BAÑERAS	8.76	8.63	9.64	10.64	9.75	10.19	8.59	8.13
8	BAÑERAS	7.80	8.32	8.93	7.84	8.96	8.60	7.90	9.19
9	BAÑERAS	9.67	8.97	9.07	10.41	8.05	10.18	8.69	8.45
10	BAÑERAS	9.61	7.56	9.33	8.50	8.30	9.05	9.30	9.51
<b>MARTES</b>									
<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	BAÑERAS	8.80	7.81	9.25	8.32	8.29	9.66	9.31	8.12
2	BAÑERAS	9.87	7.88	9.71	7.89	10.02	10.35	8.84	8.36
3	BAÑERAS	9.41	10.02	9.10	8.80	9.31	9.13	8.42	9.35
4	BAÑERAS	7.71	7.93	9.17	8.40	8.43	7.47	9.95	8.97
5	BAÑERAS	8.76	7.33	8.43	9.53	8.47	9.61	8.70	9.47
6	BAÑERAS	9.44	9.90	8.64	8.84	8.98	7.24	8.81	8.20
7	BAÑERAS	9.33	8.56	9.39	8.96	8.39	8.91	8.80	10.43
8	BAÑERAS	8.69	7.41	9.65	9.55	8.89	8.83	9.20	7.90
9	BAÑERAS	8.83	8.04	8.80	8.24	9.16	10.02	8.11	9.51
10	BAÑERAS	10.01	7.50	9.65	8.80	8.81	10.17	8.02	8.32
<b>MIERCOLES</b>									
<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	BAÑERAS	10.27	8.67	7.75	9.22	8.04	8.72	8.29	10.55
2	BAÑERAS	9.49	7.49	8.66	7.21	10.10	9.23	8.66	8.42
3	BAÑERAS	8.88	7.77	9.54	8.65	10.77	9.29	8.65	9.96
4	BAÑERAS	9.61	7.54	9.38	8.06	7.75	10.22	9.23	8.91
5	BAÑERAS	9.74	8.95	8.03	9.61	9.26	9.61	7.96	10.80
6	BAÑERAS	10.53	9.65	8.54	8.51	9.18	10.14	9.10	9.59
7	BAÑERAS	8.76	9.52	8.42	9.54	8.09	9.30	9.58	8.66
8	BAÑERAS	8.89	7.24	9.51	9.49	8.22	8.77	7.77	9.93
9	BAÑERAS	7.68	8.36	9.76	9.37	8.64	9.32	10.46	8.90
10	BAÑERAS	8.62	9.11	10.55	9.36	9.79	10.62	9.83	7.86

<b>JUEVES</b>									
<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	BAÑERAS	9.54	9.59	8.83	10.58	8.92	9.76	8.58	8.10
2	BAÑERAS	8.06	9.28	8.54	8.36	7.26	8.68	8.19	8.78
3	BAÑERAS	9.98	7.71	9.11	9.88	7.29	9.03	7.88	8.82
4	BAÑERAS	7.90	8.75	8.38	9.09	8.37	10.05	9.55	10.07
5	BAÑERAS	8.93	9.47	8.40	10.08	8.97	8.01	8.35	9.97
6	BAÑERAS	8.92	8.63	9.21	8.15	8.93	9.40	10.29	7.76
7	BAÑERAS	8.93	9.59	9.65	10.47	8.74	7.97	8.01	9.67
8	BAÑERAS	8.80	8.58	8.91	8.28	8.96	7.87	9.03	9.61
9	BAÑERAS	10.62	8.68	8.51	9.21	9.35	9.54	9.60	9.68
10	BAÑERAS	8.95	8.98	10.71	9.55	8.34	9.29	9.66	8.76
<b>VIERNES</b>									
<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	BAÑERAS	8.75	9.50	7.13	7.82	9.60	8.26	9.22	9.75
2	BAÑERAS	7.61	10.36	9.42	8.04	7.64	7.32	10.04	10.13
3	BAÑERAS	8.65	8.74	8.66	8.71	9.24	8.80	8.57	8.92
4	BAÑERAS	9.23	7.65	10.22	10.05	8.30	10.41	8.82	10.63
5	BAÑERAS	7.99	9.81	10.54	9.10	9.33	9.04	10.13	9.83
6	BAÑERAS	8.83	9.11	8.44	9.78	7.51	9.42	7.89	9.34
7	BAÑERAS	8.71	8.10	10.13	9.31	8.65	8.42	10.55	7.55
8	BAÑERAS	8.57	8.61	9.29	8.93	9.83	9.95	9.08	8.88
9	BAÑERAS	10.80	8.63	9.54	9.18	8.87	10.22	8.69	10.04
10	BAÑERAS	7.78	8.93	10.39	9.35	7.73	9.01	9.61	10.63
<b>SABADO</b>									
<b>TIPO</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>	
1	BAÑERAS	8.88	8.59	10.17	8.77	8.75	8.36	10.24	9.49
2	BAÑERAS	9.45	8.12	7.65	9.44	9.24	9.15	9.65	8.84
3	BAÑERAS	9.70	7.46	7.67	9.28	9.30	10.58	9.39	9.40
4	BAÑERAS	8.03	8.05	10.46	9.05	9.37	8.39	9.89	7.83
5	BAÑERAS	8.37	8.21	9.41	8.91	8.19	9.59	8.12	7.56
6	BAÑERAS	9.61	8.56	9.76	7.84	8.61	9.04	8.83	8.34
7	BAÑERAS	7.77	10.36	9.96	8.22	8.67	9.77	8.36	10.03
8	BAÑERAS	8.10	8.28	8.33	9.20	9.37	8.58	8.68	8.87
9	BAÑERAS	9.52	9.14	10.24	8.09	9.82	9.31	8.42	9.53
10	BAÑERAS	9.30	10.46	9.28	7.73	9.02	7.61	8.16	9.37

		DOMINGO							
TIPO		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	BAÑERAS	9.31	10.34	8.42	9.22	9.05	9.28	9.88	9.62
2	BAÑERAS	9.51	9.43	9.22	7.79	8.27	8.42	8.27	8.72
3	BAÑERAS	10.30	8.25	9.46	9.46	10.52	9.31	8.62	8.83
4	BAÑERAS	9.60	9.58	8.58	8.61	9.74	9.05	8.28	9.32
5	BAÑERAS	8.75	7.36	7.91	9.14	9.12	10.33	9.28	9.78
6	BAÑERAS	8.47	8.98	8.76	9.55	8.58	8.29	10.78	7.15
7	BAÑERAS	8.99	9.95	7.75	8.00	9.76	8.37	9.55	8.96
8	BAÑERAS	10.18	8.74	7.41	9.54	8.78	9.04	10.45	9.80
9	BAÑERAS	10.46	8.93	9.60	8.41	9.78	8.92	7.65	8.73
10	BAÑERAS	9.52	7.62	9.61	8.01	9.19	7.40	8.02	7.94

**Tabla No. 7 EVACUACION AUMENTANDO LA CAPACIDAD DE CARGA.**

En la tabla No. 8 se resume los datos de una semana de operación de desalojo, con vehículos de mayor capacidad de carga.

ITEM	TIPO	CAP. (M <sup>3</sup> )	FREC D DN	DIAS TRAB	VIAJES DIA	TONS. PROM VIAJE	TONS. PROM DIA	TONS. PROM SEMANA
1	BAÑER.	14	DN	7	8	8.97	71.74	502.21
2	BAÑER.	14	DN	7	8	8.85	70.78	495.44
3	BAÑER.	14	DN	7	8	9.06	72.48	507.38
4	BAÑER.	14	DN	7	8	8.97	71.79	502.50
5	BAÑER.	14	DN	7	8	8.95	71.62	501.35
6	BAÑER.	14	DN	7	8	9.00	72.01	504.07
7	BAÑER.	14	DN	7	8	9.07	72.55	507.88
8	BAÑER.	14	DN	7	8	8.82	70.57	494.01
9	BAÑER.	14	DN	7	8	9.19	73.49	514.42
10	BAÑER.	14	DN	7	8	9.00	72.01	504.09
<b>TOTAL</b>								<b>5,033.34</b>

**Tabla No. 8 DESALOJO SEMANAL EN EL ET-1.**

Una vez que se puso en práctica esta primera solución, se evidenció un ahorro inmediato en el costo de la operación de desalojo. En la tabla No. 9 se puede observar la diferencia en el costo de la Tonelada de basura desalojada, equivalente a \$2.09 por tonelada transportada. De lo anterior se concluye, que existía un ahorro aproximado de \$543,000 (Quinientos cuarenta y tres mil dólares) netos anualizados, si se considera 260,000 toneladas de basura recogidas al año.

### COSTO TONELADA DESALOJADA

	VOLQUETES	BAÑERAS	MULAS	TOTAL
<b>VIAJES SEM.</b>	392	168	168	728
<b>COSTO X VIAJE</b>	\$60	\$80	\$75	
<b>TOTAL SEM.</b>	\$23,520	\$13,440	\$12,600	\$49,560
<b>TOTAL TONS.</b>	2,014.79	1,496.78	1,356.32	4,867.88
<b>\$/TONS</b>	\$11.67	\$8.98	\$9.29	\$10.18
<b>VOLQUETES BAÑERAS MULAS TOTAL</b>				
<b>VIAJES SEM.</b>		560		560
<b>COSTO X VIAJE</b>		\$80		\$80
<b>TOTAL SEM.</b>		\$44,800		\$44,800
<b>TOTAL TONS.</b>		5,538.86		5,538.86
<b>\$/TONS</b>		\$8.09		\$8.09
<b>DIFERENCIA EN COSTO POR TON. DESALOJADA</b>				<b>\$2.09</b>

**TABLA No. 9 COSTO DE LA TONELADA DESALOJADA.**

A pesar del ahorro en los costos de la operación de desalojo de los desechos del terminal de transferencia ET-1 y de la disminución de la cantidad de viajes realizados hacia el botadero final, la solución implantada, no resultó completa, debido a la no eliminación de los cuellos de botella y demoras en la descarga de los recolectores dentro del terminal de transferencia.

El principal indicador económico que disminuyó fue el valor o costo de la tonelada transportada, sin embargo, cada viaje resultaba aún ineficiente, ya que el peso promedio aproximado en toneladas transportadas por viaje fue de aproximadamente 9 Toneladas cada uno.

Una segunda alternativa que surgió durante las discusiones para implantar una mejora en el desalojo, fue la de transportar más cantidad de basura y mayor peso en los mismos vehículos tipo bañera, para lo cual se sometería a los desechos sólidos a un proceso de compactación y posterior empaque o amarre, de tal forma que se aproveche mejor la capacidad de carga de cada vehículo, sin embargo, la propuesta seguía siendo ineficiente, producto de la imposibilidad de encontrar una forma adecuada de amarrar las pacas, dado la poca consistencia y mucha soltura que presentan estos tipos de desechos.

Luego de varias discusiones, se propuso una tercera alternativa, que consistió en la utilización de cajas roll-on estacionarias, este tipo de cajas, se utilizaron en otros cantones del país, sobre todo en los mercados de altísima generación de desechos.

Estos contenedores estacionarios son de similares características a los contenedores de 25m<sup>3</sup> o cajas Roll-on, utilizadas para el transporte de basura de industrias de alta generación, pero con la diferencia que son cerradas en la parte superior y que tienen una modificación en la puerta de acceso, que les permite acoplar un compactador de pared retráctil, accionada por un cilindro hidráulico. Poseen las mismas características y diseños, que les permiten ser transportadas con los vehículos tipo Roll-on.

Esta solución remediaría el problema de optimización de espacio y aprovechamiento de la capacidad de carga para cada uno de los viajes realizados por los vehículos de transporte, la basura se sometería a un proceso previo de compactación, proceso que se realizaría independientemente de la presencia de los vehículos, de esta forma, se utilizaría al máximo el volumen disponible en la caja Roll-on, sin embargo, se presentó un problema adicional, ya que no se contaba con vehículos tipo Roll-on, con su sistema apropiado de sobre-chasis abatible para la movilización de dichas cajas.



**Fig. 2.1. COMPACTADOR ESTACIONARIO CON SU CAJA.**

La capacidad instalada de vehículos tipo Roll-on, con los que contaba la compañía, estaba a su máxima ocupación, adicionalmente, por lo estipulado en el contrato de prestación del servicio de recolección de basura, no se podía desviar estos vehículos a otra operación que no sea la de recolección de desechos en la industria o puntos de alta generación de desperdicios

Ante estos inconvenientes, se recurrió a la compañía Matriz, la cual contaba con vehículos usados de este tipo, los cuales fueron utilizados durante la recolección de basura en una contratación anterior, estos equipo podían ser sometidos a una reparación general para que estén en perfecto estado de funcionamiento.

Asimismo, de este contrato anterior existían cajas Roll-on, a las cuales se las sometería a un proceso de recuperación, reparación y modificación, de tal forma que puedan ser acopladas a los compactadores estacionarios de pared retráctil, como los de la figura 2.1., los mismos que tendrían que ser construidos en base a los diseños enviados por el proveedor respectivo.

## **2.2. Maquinaria y equipos requeridos.**

Una vez que ambas compañías se pusieron de acuerdo sobre la utilización de los equipos anteriormente citados, se realizó un inventario de los equipos disponibles (tabla 10) a efectos de realizar los respectivos cálculos para su reacondicionamiento y construcción.

<b>EQUIPOS A REACONDICIONAR</b>	
<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
VEHICULOS ROLL-ON ANTIGUOS	5
CAJAS ROLL-ON ANTIGUAS	10

**Tabla No. 10 EQUIPOS A REACONDICIONAR**

Adicionalmente, se requirió de 5 bombas hidráulicas, con sus respectivos controles accionadores de arranque y parada en una centralina y de la construcción de 10 compactadores estacionarios de pared retráctil, los cuales se construyeron según diseños recibidos.

### **2.3. Implantación del nuevo método.**

Una vez que se acordó, que la mejor propuesta era la utilización de las cajas Roll-on estacionarias, con sus respectivas paredes compactadoras, se puso en marcha un plan de acción y planificación que justifique económicamente la implantación de esta solución.

Se inició con un inventario y diagnóstico mecánico exhaustivo de los vehículos a ser refaccionados, con la finalidad de determinar el estado de cada unidad y así, proceder a elaborar el respectivo presupuesto de reparación, considerando los tiempos de reparación que se tomarían en talleres, tanto en la parte de mantenimientos correctivos y preventivos.

Se procedió de igual forma con las cajas Roll-on, se inventarió y se escogió las de mejor estado, se evaluó técnicamente el estado físico y funcional de las mismas y se preparó los respectivos presupuestos de reparación y adaptación.

En lo que se refiere a las centralinas hidráulicas, se cotizó con un proveedor local la construcción de las mismas, de igual forma para las cajas con pared compactadora, se solicitó a una compañía especializada en metalmecánica, que presente las respectivas ofertas de acuerdo al diseño recibido.

Una vez obtenida toda la información referente a los costos de reparación y mantenimiento de los equipos, así como, los costos de construcción de las centralinas y paredes compactadoras, se elaboró un cronograma de implementación, con las actividades más relevantes, que permitan establecer los tiempos necesarios para el arranque luego de tomar la decisión final de inversión, como se observa en la figura 2.2.

### CRONOGRAMA DE IMPLANTACION

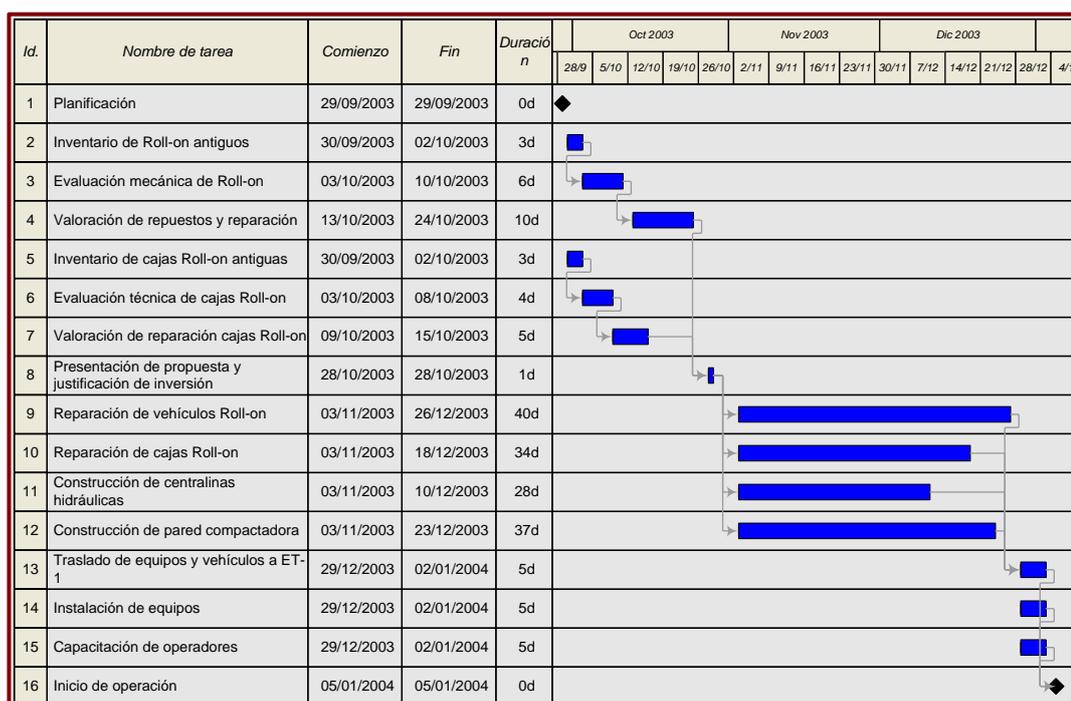


Fig.2.2. CRONOGRAMA DE IMPLANTACION.

Adicionalmente, se presentó la información respectiva de flujos de caja, incluyendo los gastos de operación y los montos de inversión, se estableció una tasa de descuento referencial, para comparación con la TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto) del proyecto, para justificar la inversión y el tiempo de recuperación de la inversión

#### 2.4. Productividad del nuevo método

En la tabla No. 11 se observa la nueva productividad en la evacuación de los desechos sólidos del Terminal de Transferencia ET-1, una vez que se implementó el nuevo método de desalojo.

Se aprovechó la disponibilidad de las 10 cajas Roll-on, para lograr una constante y continua rotación de los vehículos tipo Roll-on, de tal forma que cada vez que un vehículo regresara vacío al Terminal, estuviera lista una caja llena, para ser transportada.

#### EVACUACIÓN EN CAJAS ROLL-ON ESTACIONARIAS

	TIPO	LUNES							
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	ROLL-ON 01	20.15	20.44	19.92	20.43	21.21	20.33	19.18	20.56
2	ROLL-ON 02	19.89	18.96	18.80	19.91	20.76	20.11	18.79	21.10
3	ROLL-ON 03	19.24	20.82	21.15	19.81	21.27	20.44	21.14	21.56
4	ROLL-ON 04	19.91	20.13	19.53	20.33	18.12	19.28	20.21	18.70
5	ROLL-ON 05	20.82	20.80	20.62	19.74	20.73	19.74	18.54	20.07

		<b>MARTES</b>							
		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	ROLL-ON 01	20.23	20.65	19.77	20.08	18.45	20.24	21.52	19.80
2	ROLL-ON 02	19.00	19.91	19.56	19.78	19.89	20.36	20.40	19.53
3	ROLL-ON 03	19.71	20.85	21.18	19.73	18.72	18.91	19.99	18.51
4	ROLL-ON 04	19.34	20.97	20.94	20.11	19.82	19.45	20.81	19.87
5	ROLL-ON 05	19.84	19.34	18.35	20.80	20.41	19.35	20.78	20.20
		<b>MIERCOLES</b>							
		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	ROLL-ON 01	21.09	19.33	19.09	21.00	20.91	21.14	19.62	19.02
2	ROLL-ON 02	20.92	20.06	20.78	19.76	20.10	19.13	20.86	20.64
3	ROLL-ON 03	19.91	21.84	20.28	20.45	20.26	19.48	19.97	20.27
4	ROLL-ON 04	19.49	20.01	20.24	20.18	19.46	20.58	19.33	20.39
5	ROLL-ON 05	18.34	19.92	20.63	20.87	19.90	20.59	21.14	21.42
		<b>JUEVES</b>							
		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	ROLL-ON 01	19.43	20.00	19.86	20.12	20.71	20.99	20.87	19.83
2	ROLL-ON 02	21.35	20.21	19.32	20.73	20.33	19.31	21.40	20.14
3	ROLL-ON 03	19.79	20.82	20.86	18.78	20.04	20.00	19.43	20.13
4	ROLL-ON 04	19.08	21.46	20.50	19.91	20.48	19.62	21.05	19.61
5	ROLL-ON 05	19.04	19.99	20.42	21.21	20.72	18.53	18.77	20.00
		<b>VIERNES</b>							
		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	ROLL-ON 01	21.19	21.04	20.51	18.35	21.60	21.40	21.78	20.26
2	ROLL-ON 02	19.09	19.39	20.07	20.65	20.54	20.53	19.49	20.50
3	ROLL-ON 03	21.58	20.34	19.90	20.96	19.38	18.86	19.76	19.32
4	ROLL-ON 04	20.56	18.92	19.26	19.57	21.60	18.50	19.96	19.35
5	ROLL-ON 05	21.60	20.49	20.28	19.20	21.17	20.13	21.24	20.27
		<b>SABADO</b>							
		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1	ROLL-ON 01	20.13	19.68	19.43	18.92	19.50	18.81	21.37	21.65
2	ROLL-ON 02	20.03	19.63	20.30	19.90	21.19	20.98	21.26	19.07
3	ROLL-ON 03	21.47	20.25	20.74	19.22	19.74	20.22	19.73	20.34
4	ROLL-ON 04	21.15	19.72	20.76	20.33	18.55	21.32	21.25	19.41
5	ROLL-ON 05	19.88	20.87	20.22	20.83	20.00	19.81	20.69	20.71

		DOMINGO							
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
1	ROLL-ON 01	20.06	20.69	21.52	21.64	21.52	18.81	19.59	19.23
2	ROLL-ON 02	19.84	19.86	21.02	20.42	19.94	18.72	20.79	20.65
3	ROLL-ON 03	21.23	18.97	20.83	20.50	19.71	19.71	18.86	20.14
4	ROLL-ON 04	18.34	18.76	19.37	19.17	19.49	19.71	19.54	20.00
5	ROLL-ON 05	20.92	19.45	18.99	19.84	20.23	18.52	19.71	20.13

**Tabla No. 11 EVACUACION EN CONTENEDORES ESTACIONARIOS.**

En la tabla No. 12 se resume la semana de operación, indicando los días trabajados, la cantidad de viajes por día, los pesos promedio en toneladas por viaje, los pesos promedio de toneladas recogidas en el día y finalmente la cantidad de toneladas recogidas durante la semana.

**DESALOJO SEMANAL EN CAJAS ROLL-ON**

ITEM	TIPO	CAP. (m <sup>3</sup> )	FREC D DN	DIAS TRAB	VIAJES DIA	TONS. PROM VIAJE	TONS. PROM DIA	TONS. PROM SEMANA
1	ROLL-ON	25	DN	7	8	20.26	162.09	1,134.65
2	ROLL-ON	25	DN	7	8	20.10	160.80	1,125.62
3	ROLL-ON	25	DN	7	8	20.13	161.02	1,127.14
4	ROLL-ON	25	DN	6	8	19.98	159.86	959.14
5	ROLL-ON	25	DN	5	8	20.15	161.21	806.03
<b>TOTAL</b>							<b>5,152.57</b>	

**Tabla No. 12 DESALOJO SEMANAL EN CAJAS ROLL-ON**

## 2.5. Comparativos de Productividad.

Con la finalidad de justificar el proyecto se procedió con el levantamiento de nueva información, que contribuyera con datos que permitan cuantificar el ahorro, producto de la implantación de esta nueva forma de realizar la evacuación del Terminal de Transferencia (ET-1). Este comparativo se detalla en la tabla 13.

### COMPARATIVO DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

	SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA MEJORADO	VARIACIÓN
EVACUACIÓN SEMANAL (TONS)	4,868	5,105	4.86%
EVACUACIÓN ANUAL (TONS)	253,130	265,436	4.86%
VEHÍCULOS UTILIZADOS	12	5	-58.33%
VIAJES A LA SEMANA	672	256	-61.90%
VIAJES AL AÑO PROYECTADOS	34,944	13,312	-61.90%
PESO PROMEDIO POR VIAJE (TONS)	7.24	20.12	177.90%
COSTO SEMANAL DE EVACUACIÓN	\$48,906.67	\$17,694.44	-63.82%
COSTO ANUAL DE EVACUACIÓN	\$2,515,200.00	\$910,000.00	-63.82%
COSTO DE TONELADA EVACUADA	\$9.94	\$3.43	-65.50%

Tabla No. 13 COMPARATIVO DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

Una vez que se recolectó la información de viajes con los equipos requeridos para la nueva solución, se pudo observar que se tenía la capacidad suficiente para realizar la evacuación de todos los desechos sólidos recogidos durante la semana. Cuando se realizó la medición de las productividades luego de implantar la mejora del proceso, se obtuvo una diferencia en toneladas recogidas que no superaba el 5%, variación producto de que la curva de aprendizaje del nuevo personal disminuía y se realizaron las labores diarias con una mejor práctica.

El índice más determinante de la mejoría del proceso, está dado por la reducción de los viajes que se realizan para la evacuación, de 12 unidades de transporte se reducen a sólo 5 y la cantidad de viajes se reduce en la misma proporción, esto es en 61.90%. Se está evacuando un 4.86% más de toneladas de desecho con un 61.90% menos de unidades de transporte, esto es, mejorando el retorno de la inversión de la compañía, mayor utilidad con menor uso de activos.

Si se considera que el costo de cada uno de los viajes se mantiene, el simple hecho de reducir la cantidad de viajes en un 60% genera que el costo de transportar la misma cantidad de desechos se va a reducir en aproximadamente la misma proporción. Lo anterior es producto de que ahora con la mejora implantada, el peso de la basura

transportada en cada viaje, aumenta en un 177.90%, prácticamente 3 veces más, consecuencia de la compactación de la basura.

La reducción de la cantidad de viajes realizados y por consiguiente el ahorro asociado a la reducción de esta actividad, permitieron la elaboración de un flujo de caja, que ayudó con el análisis financiero de la inversión y su respectiva justificación, mediante la obtención de los principales índices de evaluación como los son la TIR y el VAN.

## **2.6. Índices financieros y análisis de sensibilidad.**

Una vez que la dirección de la empresa dio su visto bueno a la propuesta planteada para el mejoramiento de la evacuación de desechos sólidos, solicitó la presentación de un análisis financiero que justificara la inversión de recursos económicos y adicionalmente un análisis de sensibilidad, donde se pueda observar el comportamiento de estos índices financieros, ante situaciones económicas que cambien drásticamente.

Como primer paso se elaboró un cuadro de costos de operación y transporte de los desechos sólidos, ya que el mejoramiento de este proceso, contempló que el manejo operativo fuera realizado con personal, recursos y equipos propios, mientras que en la situación

anterior, estos costos estaban incluidos en el pago al proveedor. El detalle se encuentra en la Tabla No. 14.

### COSTOS DE EVACUACIÓN

	<b>SISTEMA ANTERIOR MENSUAL</b>	<b>SISTEMA MEJORADO MENSUAL</b>	<b>SISTEMA ANTERIOR ANUALIZADO</b>	<b>SISTEMA MEJORADO ANUALIZADO</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Supervisores	\$2,400	\$2,400	\$28,800	\$28,800
Control de pesos	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Radio operador	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Operadores de pala	\$6,000	\$3,000	\$72,000	\$36,000
Choferes de Roll-on	\$0	\$10,000	\$0	\$120,000
Ayudantes	\$0	\$6,000	\$0	\$72,000
Operadores	\$0	\$3,200	\$0	\$38,400
<b>INSUMOS</b>				
Combustibles	\$0	\$31,200	\$0	\$374,400
Llantas	\$0	\$7,000	\$0	\$84,000
Lubricantes	\$0	\$3,500	\$0	\$42,000
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Seguros		\$3,333		\$40,000
Peajes		\$3,000		\$36,000
Alquiler de vehículos	\$198,000		\$2,376,000	
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>\$209,600</b>	<b>\$75,833</b>	<b>\$2,515,200</b>	<b>\$910,000</b>
<b>AHORRO ANUAL</b>				<b>\$1,605,200</b>

**Tabla No. 14 COSTOS DE EVACUACION**

Para el respectivo análisis financiero, se elaboró un flujo de caja a 5 años, período durante el cual estaría aún vigente el contrato de

recolección de basura. De este flujo se obtuvo el TIR y el VAN y el tiempo de recuperación de la inversión.

Para la elaboración del flujo de caja, primero se elaboró un cuadro de inversión inicial que se detalla en la tabla No. 15, el cual contempló los siguientes supuestos.

El primer supuesto que se adoptó para el análisis, fue que los vehículos a utilizar para el transporte de las cajas compactadoras, no serían refaccionados, por el contrario se consideró la adquisición de vehículos nuevos, que garanticen la operación continua de transporte.

Adicionalmente, se solicitó la adquisición de un vehículo adicional, que sirva de respaldo ante daños de los otros vehículos o para entrar en operación durante los períodos de mantenimiento de los 5 vehículos que se asignaron a esta tarea.

Dentro del monto de inversión inicial, también se consideró el costo de mantener la situación anterior de alquiler de transporte a empresas particulares, durante un período de 6 meses, tiempo necesario para la adquisición de los vehículos nuevos y para la construcción de las cajas compactadoras con sus respectivos accesorios.

Adicionalmente, se consideró una multa equivalente a 6 meses de operación, como pago por stand-by, exigido por el proveedor de transporte, producto de la terminación unilateral y anticipada del contrato, la misma que se pagaría cuando se implemente el nuevo sistema.

### INVERSIÓN INICIAL

Compra vehículos nuevos	\$1'200,000
Fabricación de Cajas compactadoras	\$600,000
Compra de Accesorios	\$100,000
Fase implementación	\$1'257,600
Penalidad por rescisión de contrato	\$1'188,000
<b>TOTAL</b>	<b>\$4'345,600</b>

**Tabla No. 15 INVERSION INICIAL**

Una vez que se determinó el monto de inversión inicial, se procedió con la elaboración del flujo de caja anualizado, información que permite obtener los primeros índices financieros, necesarios para la evaluación del proyecto y su justificación financiera.

El flujo de caja se lo realizó por un período de 5 años, tiempo remanente de duración del contrato, para brindar el servicio de recolección de desechos sólidos domiciliarios. Por otro lado, se tomó en cuenta que el financiamiento fue del propio giro de negocio, para lo cual no se contempló un costo adicional por intereses.

Finalmente, se consideró que al término del contrato, todos los equipos necesarios para la evacuación de desechos, los vehículos Roll-on, las cajas compactadoras y centralinas, quedarían inservibles, por lo que no existiría un valor residual de los mismos. El flujo de caja se presenta en la tabla No. 16

### FLUJO DE CAJA ANUALIZADO

<b>Inversiones</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Compra vehículos nuevos	-\$1,200					
Fabricación de cajas compactadoras	-\$600					
Compra de accesorios	-\$100					
Fase implementación	-\$1,258					
Penalidad por rescisión de contrato	-\$1,188					
<b>Ingresos</b>						
Ahorro en operación anual		\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605
Impacto en flujo de caja	-\$4,346	\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605
Flujo acumulado	-\$4,346	-\$2,740	-\$1,135	\$470	\$2,075	\$3,680
Tasa referencial de descuento	15%					
<b>TIR</b>	24.68%					
<b>VAN</b>	\$900					
Recuperación de inversión (años)	2.71					

**Tabla No. 16 FLUJO DE CAJA ANUALIZADO**

Como se puede observar en la tabla No. 16, en el año 0, tenemos el monto total de inversión que ascendió a US\$4'346.000, que incluyó la compra de 6 vehículos Roll-on, la fabricación de 10 cajas

compactadoras estacionarias, la compra de los accesorios para la fabricación de las centralinas hidráulicas, el costo de 6 meses de operación adicional, con el método de evacuación anterior y el pago de una multa por rescisión de contrato con la compañía de transportes.

Durante los siguientes 5 años, se asumió que el costo de operación sería constante, por lo tanto el ahorro anual será uniforme, ahorro que se convertirá en nuestro ingreso, para efectos de la evaluación financiera. El ahorro anual equivale a la suma de US\$1'605,200, que es la diferencia entre el costo de operación con el mejoramiento y el costo de alquilar a proveedores los vehículos de transporte.

Se utilizó una tasa de descuento referencial del 15% anual, la cual se consideró una opción interesante en comparación a las tasas de rendimiento que se conseguían en inversiones bancarias o en el exterior, las cuales no superaban el 8% anual.

Con estas consideraciones, se obtuvo un VAN positivo de alrededor de US\$900,000 y una TIR del 24.68%, con un tiempo de recuperación de la inversión de 2.7 años.

Considerando los resultados que se obtuvieron del análisis financiero y de los índices respectivos, se llevaría a cabo la implementación de la mejora en el proceso de evacuación de desechos, sin embargo, la

dirección de la empresa solicitó la elaboración de un análisis de sensibilidad donde se pueda evidenciar el comportamiento de los índices financieros, durante el período de evaluación del proyecto, de tal forma que pueda soportar variaciones críticas en los costos de operación.

Para realizar este análisis de sensibilidad, se consideró 3 escenarios de evaluación: el primero de ellos, se enfocó en el principal costo de una operación de transporte, esto es, el costo del combustible, que como se conoce, en el Ecuador el combustible y en particular el Diesel es subsidiado por el estado, convirtiéndose en un factor de riesgo que puede distorsionar el resultado de los índices.

Se hizo la evaluación, tomando en cuenta el precio del Diesel sin subsidio, tomando el precio de venta internacional, esto es \$3.29 por galón de Diesel 2, esto es, más de tres veces el valor actual considerado en los costos de operación.

Con esta consideración, se realizó nuevamente el cálculo de los costos de operación de transporte de las cajas compactadoras estacionarias hacia el botadero final. Los costos fueron así mismo anualizados y evaluados hasta la finalización del contrato, sin embargo, para efectos del cálculo del ahorro, se consideró que las

tarifas de transporte de las compañías subcontratadas se mantendría fija durante todo este tiempo, situación que se sabe improbable.

El cuadro de costos quedaría como se detalla en la Tabla No. 17

### COSTOS DE EVACUACIÓN ESCENARIO 1

ESCENARIO 1	VARIACIÓN DEL PRECIO DEL DIESEL AL 326%			
	SISTEMA ANTERIOR MENSUAL	SISTEMA MEJORADO MENSUAL	SISTEMA ANTERIOR ANUALIZADO	SISTEMA MEJORADO ANUALIZADO
<b>MANO DE OBRA</b>				
Supervisores	\$2,400	\$2,400	\$28,800	\$28,800
Control de pesos	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Radio operador	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Operadores de pala	\$6,000	\$3,000	\$72,000	\$36,000
Choferes de Roll-on	\$0	\$10,000	\$0	\$120,000
Ayudantes	\$0	\$6,000	\$0	\$72,000
Operadores	\$0	\$3,200	\$0	\$38,400
<b>INSUMOS</b>				
Combustibles	\$0	<b>\$101,632</b>	\$0	\$1'219,580
Llantas	\$0	\$7,000	\$0	\$84,000
Lubricantes	\$0	\$3,500	\$0	\$42,000
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Seguros		\$3,333		\$40,000
Peajes		\$3,000		\$36,000
Alquiler de vehículos	\$198,000		\$2'376,000	
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>\$209,600</b>	<b>\$146,265</b>	<b>\$2'515,200</b>	<b>\$1'755,180</b>
<b>AHORRO ANUAL</b>				<b>\$760,020</b>

**Tabla No. 17 Costos de evacuación escenario 1**

Luego de establecer los nuevos costos de operación, se elabora nuevamente el flujo de caja correspondiente, para obtener los nuevos índices financieros que permitan la evaluación del proyecto con un entorno económico diferente. Este flujo de caja se detalla en la tabla No. 18

### FLUJO DE CAJA ANUALIZADO ESCENARIO 1

<b>Inversiones</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Compra vehículos nuevos	-\$1,200					
Fabricación de Cajas compactadoras	-\$600					
Compra de Accesorios	-\$100					
Fase implementación	-\$1,258					
Penalidad por rescisión de contrato	-\$1,188					
<b>Ingresos</b>						
Ahorro en operación anual		\$760	\$760	\$760	\$760	\$760
Impacto en flujo de caja	-\$4,346	\$760	\$760	\$760	\$760	\$760
Flujo acumulado	-\$4,346	-\$3,586	-\$2,826	-\$2,066	-\$1,306	-\$546
Tasa referencial de descuento	15%					
<b>TIR</b>	-4.31%					
<b>VAN</b>	-\$1,563					
Recuperación de inversión (años)	5.72					

**Tabla No. 18 Flujo de caja anualizado escenario 1**

Los resultados que se obtuvieron en este primer escenario, denotaron lo importante y lo crítico que resultó ser el componente combustible en la operación de transporte. Si bien es cierto que existe un ahorro

anual aproximado de US\$760,000, este ahorro no alcanza para recuperar la inversión en menos de 5 años y con la tasa mínima de retorno de la inversión del 15%.

No se debe olvidar que el escenario fue realizado considerando que el costo de contratación del transporte, se mantendría fijo durante el período de duración del contrato, situación muy poco probable, ya que de existir un incremento en este rubro principal, se tendría que realizar una revisión de las tarifas.

La TIR y el VAN, resultaron negativos, lo que indicó que no se debería hacer la inversión en los equipos, sin embargo, la intención final es poder observar el comportamiento de los índices financieros mediante un análisis de sensibilidad, modificando variables hacia situaciones extremas o muy conservadoras.

Para el segundo escenario, se tomó la decisión de analizar el comportamiento de los índices financieros, incrementando el costo de los lubricantes y de las llantas en un 300%, basado en la posibilidad de un incremento del precio, producto del aumento del precio internacional del barril de petróleo, materia prima para la elaboración de estos productos y adicionalmente, previendo un aumento considerable en los costos de importación y aranceles.

Con estas modificaciones, los costos mensuales y anuales de operación quedaron evidenciados en el cuadro de costos que se muestra en la tabla No. 19

### COSTOS DE EVACUACIÓN ESCENARIO 2

Escenario 2	Variación precio llantas y lubricantes al		300%	
	SISTEMA ANTERIOR MENSUAL	SISTEMA MEJORADO MENSUAL	SISTEMA ANTERIOR ANUALIZADO	SISTEMA MEJORADO ANUALIZADO
<b>MANO DE OBRA</b>				
Supervisores	\$2,400	\$2,400	\$28,800	\$28,800
Control de pesos	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Radio operador	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Operadores de pala	\$6,000	\$3,000	\$72,000	\$36,000
Choferes de Roll-on	\$0	\$10,000	\$0	\$120,000
Ayudantes	\$0	\$6,000	\$0	\$72,000
Operadores	\$0	\$3,200	\$0	\$38,400
<b>INSUMOS</b>				
Combustibles	\$0	\$31,200	\$0	\$374,400
Llantas	\$0	<b>\$21,000</b>	\$0	\$252,000
Lubricantes	\$0	<b>\$10,500</b>	\$0	\$126,000
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Seguros		\$3,333		\$40,000
Peajes		\$3,000		\$36,000
Alquiler de vehículos	\$198,000		\$2'376,000	
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>\$209,600</b>	<b>\$96,833</b>	<b>\$2'515,200</b>	<b>\$1'162,000</b>
<b>AHORRO ANUAL</b>				<b>\$1'353,200</b>

Tabla No. 19 COSTOS DE EVACUACION ESEENARIO 2

En el análisis de la variación de costos, si bien es cierto que el incremento en los precios de combustible y llantas es importante en magnitud, se pudo apreciar que sigue existiendo un ahorro en dólares por sobre el millón, lo que a primera vista evidenció la factibilidad de llevar a cabo la inversión e implementar la mejora.

Con estos nuevos costos, se elaboró el respectivo flujo de caja, que permite obtener los nuevos índices financieros, que se encuentra detallado en la tabla No. 20

#### FLUJO DE CAJA ANUALIZADO

<b>Inversiones</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Compra vehículos nuevos	-\$1,200					
Fabricación de Cajas compactadoras	-\$600					
Compra de Accesorios	-\$100					
Fase implementación	-\$1,258					
Penalidad por rescisión de contrato	-\$1,188					
<b>Ingresos</b>						
Ahorro en operación anual		\$1,353	\$1,353	\$1,353	\$1,353	\$1,353
Impacto en flujo de caja	-\$4,346	\$1,353	\$1,353	\$1,353	\$1,353	\$1,353
Flujo acumulado	-\$4,346	-\$2,992	-\$1,639	-\$286	\$1,067	\$2,420
Tasa referencial de descuento	15%					
<b>TIR</b>	16.84%					
<b>VAN</b>	\$166					
Recuperación de inversión (años)	3.21					

**Tabla No. 20 FLUJO DE CAJA ANUALIZADO ESCENARIO 2**

Los nuevos índices financieros mostraron la factibilidad de llevar a cabo la inversión en la compra de equipos, con un incremento hasta del 300% en el costo de lubricantes y llantas. La TIR es superior a la tasa referencial de descuento y se obtuvo un VAN positivo, permitiendo que al inversión se recupere en un plazo de 3.21 años. Este análisis nos aseguró que se puede soportar fuertes incrementos en estos costos, sin poner en riesgo la recuperación de la inversión.

Finalmente, para un tercer análisis o escenario, se consideró un incremento en el monto de inversión, sobre todo en el costo de los vehículos. Se analizó el comportamiento de los índices financieros basados en un incremento en el precio de los vehículos equivalente a un 60%, por encima del precio original base considerado en la presentación original del proyecto.

Esta consideración se la tomó pensando que durante la fase de implementación del proyecto, podrían haber cambios en las condiciones arancelarias para la importación de los vehículos y cuidando de que al momento de solicitar las ofertas a los proveedores de estos vehículos Roll-on, no se hayan cometido errores y se haya considerado los precios correctos basados en las especificaciones técnicas adecuadas para la operación, así como, la posibilidad de adquirir equipos adicionales o complementarios para realizar esta

actividad durante todo el período evaluado. La información de costos de operación e inversión inicial se detalla en la tabla No. 21

### COSTOS DE EVACUACIÓN ESCENARIO 3

Escenario 3	Incremento costo de vehículos		60%	
	SISTEMA ANTERIOR MENSUAL	SISTEMA MEJORADO MENSUAL	SISTEMA ANTERIOR ANUALIZADO	SISTEMA MEJORADO ANUALIZADO
<b>MANO DE OBRA</b>				
Supervisores	\$2,400	\$2,400	\$28,800	\$28,800
Control de pesos	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Radio operador	\$1,600	\$1,600	\$19,200	\$19,200
Operadores de pala	\$6,000	\$3,000	\$72,000	\$36,000
Choferes de Roll-on	\$0	\$10,000	\$0	\$120,000
Ayudantes	\$0	\$6,000	\$0	\$72,000
Operadores	\$0	\$3,200	\$0	\$38,400
<b>INSUMOS</b>				
Combustibles	\$0	\$31,200	\$0	\$374,400
Llantas	\$0	\$7,000	\$0	\$84,000
Lubricantes	\$0	\$3,500	\$0	\$42,000
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Seguros		\$3,333		\$40,000
Peajes		\$3,000		\$36,000
Alquiler de vehículos	\$198,000		\$2'376,000	
<b>TOTAL COSTO</b>	\$209,600	\$75,833	\$2'515,200	\$910,000
<b>AHORRO ANUAL</b>				<b>\$1'605,200</b>

Tabla No. 21 COSTOS DE EVACUACION ESEENARIO 3

El flujo de caja para el escenario 3 contempló el incremento en el valor de compra de los vehículos, anteriormente mencionado, también sirvió para evaluar el comportamiento de los índices financieros, en caso de que se tenga que invertir en unidades o equipos adicionales a las que se proyectaron utilizar en la operación de evacuación, por lo tanto el monto de inversión se vio afectado como se observa en la tabla No. 22

### FLUJO DE CAJA ANUALIZADO

<b>Inversiones</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Compra vehículos nuevos	<b>-\$1,920</b>					
Fabricación de cajas compactadoras	-\$600					
Compra de accesorios	-\$100					
Fase implementación	-\$1,258					
Penalidad por rescisión de contrato	-\$1,188					
<b>Ingresos</b>						
Ahorro en operación anual		\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605
Impacto en flujo de caja	-\$5,066	\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605	\$1,605
Flujo acumulado	-\$5,066	-\$3,460	-\$1,855	-\$250	\$1,355	\$2,960
Tasa referencial de descuento	15%					
TIR	17.60%					
VAN	\$274					
Recuperación de inversión (años)	3.16					

**Tabla No. 22 FLUJO DE CAJA ANUALIZADO ESCENARIO 3**

Este escenario indica que, en caso de haber un incremento en el costo de adquisición de los vehículos o en su defecto se necesite invertir en unidades o equipos adicionales para llevar a cabo el desalojo, la implementación de la mejora sigue siendo viable

El TIR resultó por sobre la tasa de descuento esperada con un VAN positivo y un tiempo de recuperación de la inversión de 3.16 años, prácticamente a mitad de periodo de contrato.

A continuación, se muestra en la tabla No. 23, un cuadro resumen, con los diferentes resultados obtenidos de los índices financieros, tanto la TIR, el VAN y el tiempo de recuperación de la inversión, en cada uno de los escenarios propuestos.

#### RESUMEN DE ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

ESCENARIOS	VARIACIÓN PORCENTUAL	TIR	VAN	PERIODO DE RECUPERAC.
Escenario 0, sin modificaciones	0%	24.68%	900.20	2,71
Escenario 1, incremento en precio del diesel	326%	-4.31%	-1,563.40	5,72
Escenario 2, incremento en precio de llantas y lubricantes	300%	16.84%	165.70	3,21
Escenario 3, incremento en costo de vehículos	60%	17.60%	274.20	3,16

**Tabla No. 23 RESUMEN DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

Con esta última tabla, se completó el análisis financiero, que permitió contar con toda la información y elementos de juicio, que permitieron que la propuesta de mejoramiento fuera implementada.

# CAPÍTULO 3.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) La propuesta presentada para mejorar el desalojo del Terminal de transferencia, aumentando la capacidad de carga de los vehículos de transporte, no constituyó una solución efectiva. Se consiguió un ahorro anual en costos cercano a los \$543,000, pero existió también un incremento en las tarifas de transporte, lo que no hizo viable la solución.
- 2) La alternativa de solución, que consistía en compactar y empaquetar los desechos, no fue aceptada. En las pruebas respectivas, no fue posible mantener empaquetada la basura, la misma que se dispersaba con el movimiento, al ser manipulada.
- 3) Se cumplió con el objetivo de presentar una propuesta de mejoramiento del desalojo de los desechos residenciales del terminal de transferencia ET-1, que sea acorde con las directrices de los

administradores, enfocada en la reducción de costos y el mejoramiento del servicio.

- 4) Una TIR igual al 24.68%, un VAN positivo igual a 900,000 y un plazo de recuperación de la inversión equivalente a 2.71 años, fueron los resultado del análisis financiero. Estos índices motivaron la toma de la decisión para la implementación de la propuesta de mejora.
- 5) Se justificó financieramente, la factibilidad de realizar la inversión en la compra de vehículos Roll-on y equipos adicionales, lo que permitió la implementación del proyecto de inversión.
- 6) Se presentó el respectivo análisis de sensibilidad, solicitado por los directores de la compañía, el cual les permitió contar con información concreta y elementos de juicio suficientes, para tomar la decisión de implementar la mejora propuesta.
- 7) El análisis de sensibilidad demostró lo crítico que resultó el costo del combustible en las operaciones de transporte, lo que requiere de un especial control durante el tiempo de operaciones.
- 8) Las actividades relacionadas al transporte y recolección de basura y desechos domiciliarios, someten a condiciones extremas de trabajo, tanto al personal como a los equipos, por lo cual es imperativo, el manejo de condiciones de trabajo, que cumplan con los estándares y normas de seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente.

- 9) Durante cualquier operación o proceso productivo, los directivos de las empresas no sólo deben limitarse a implementar políticas de ahorros de costos para obtener mejores rentabilidades. Se debe evaluar la posibilidad de desarrollar un proyecto de inversión, que sea factible financieramente y recuperable en el tiempo en condiciones favorables.
- 10) Se recomendó la adquisición de vehículos nuevos tipo Roll-on, para el transporte de los contenedores de 25m<sup>3</sup>, para asegurar la continua operación de desalojo y evitar altos costos de mantenimiento y posibles paralizaciones por mantenimientos correctivos.
- 11) Se recomendó la adquisición de un vehículo adicional, tipo Roll-on, que sirva de respaldo ante eventuales daños mecánicos de los vehículos asignados al desalojo o para que entre en operación, cuando se realicen los planes de mantenimiento preventivos de estas unidades.
- 12) Se recomendó la fabricación de contenedores nuevos de 25 m<sup>3</sup>, para garantizar su vida útil durante todo el período de operación, hasta que finalice el contrato, ya que por experiencias anteriores, se sabe que aproximadamente la duración de estos equipos en operación constante es de 5 años.
- 13) Para no paralizar el servicio de desalojo del terminal de transferencia, se recomienda mantener el proceso actual, mediante la subcontratación, hasta que esté implementado el nuevo método.

- 14) Se recomendó mantener el contacto y relaciones comerciales con el proveedor actual de transporte para el desalojo, previniendo a futuro, la posibilidad de un incremento en la cantidad de material a desalojar, lo que permitiría contar con una operación propia y otra contratada exteriormente, diversificando el riesgo, primeramente por posibles paras laborales del personal o para evitar presiones por incrementos de tarifas, producto de contar con un solo proveedor.
- 15) Es sumamente recomendable, hacer una negociación por anticipado con el proveedor de transporte actual, que realiza el desalojo, por las compensaciones que va a exigir debido a la terminación unilateral y anticipada del contrato.
- 16) Se recomendó hacer un análisis de sensibilidad, de por lo menos 3 escenarios, que permita a los directivos de la empresa, contar con elementos de análisis y de juicio, que aseguren la recuperación de la inversión, ante cambios bruscos del entorno o de las condiciones económicas que sirvieron como base para el proyecto.
- 17) Para futuros proyectos, se recomienda presentar, además de los sustentos e índices financieros, una matriz de riesgo, donde se evidencien los posibles riesgos que puedan ocurrir, luego de la toma de la decisión de realizar la inversión, se debe incluir las acciones de mitigación de estos riesgos, y en la medida de lo posible, una cuantificación económica, en caso de que ocurran.

- 18) De igual forma que en el caso anterior, se recomienda presentar un plan de comunicaciones hacia las partes interesadas, esto es, los trabajadores y directivos de la empresa transportista, los chamberos o recicladores de basura, la comunidad, la M.I. Municipalidad del Cantón, etc., con la finalidad de estar preparados ante las posibles reacciones a favor o en contra de la implementación.
- 19) Finalmente, se recomienda realizar un análisis financiero luego de 12 meses de implementada la solución, tomando datos reales de operación, que permitan, proyectar los costos hasta la finalización del contrato y la obtención de nuevos índices.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo. Preparación y Evaluación de Proyectos, McGraw-Hill Interamericana de Méjico S.A. de C.V., 2da. Edición, 1991.
- 2) Baca, Gabriel. Evaluación de Proyectos, McGraw-Hill de México, S.A. de C.V., 1ra edición, 1987.
- 3) Villarreal, Arturo. Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión, Editorial Norma. Colombia, 1988.