

Mejoramiento del Desalojo de Desechos Sólidos Residenciales en un Cantón del Ecuador

Jaime Calderón Romero, Ing. Jorge Abad Morán
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus “Gustavo Galindo Velasco” La Prosperina Km 30,5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil – Ecuador
jaimecalderon@gye.satnet.net

Resumen

El servicio de recolección de desechos sólidos residenciales, generalmente es realizado por los Municipios respectivos, servicio que en algunos casos, es entregado a la empresa privada. Durante la prestación del servicio en un cantón, surgieron problemas, producto de un incremento en los volúmenes de basura recolectados. Los desechos eran depositados en un área intermedia de transferencia, para luego ser desalojados hacia un botadero ecológico. 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, por consiguiente un incremento en el costo del desalojo. El objetivo, 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 preparó una propuesta de inversión, que consiste en la adquisición de nuevos equipos y herramientas diseñados para mejorar esta actividad. Se evaluaron alternativas y se presentó un análisis financiero, obteniendo el respectivo TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto) de la inversión necesaria y una posterior evaluación a través de un análisis de sensibilidad.

Palabras Claves: *Mejoramiento, Desechos Sólidos, Desalojo, Ahorro, Análisis Financiero*

Abstract

The compilation service of residential solid wastes is carried out generally by the municipalities of each city. This government service is, in some cases, entrusted to a private company. Problems aroused during the service provision in a city as a consequence of an increase in the volumes of collected wastes. The wastes were placed in an intermediate area of transference, and then sent to an ecologic dumping. The waste volume was bigger than the evacuation capacity of the transference area, which originated waste accumulation. Furthermore, this delayed the unloading of the waste collectors, producing an increase in the evacuation cost. The objective was to find out a better method of evacuation that would reduce the time of the operation. Moreover, this would reduce the transportation costs. In order to achieve this, an investment proposal was prepared, which consisted in the purchase of new equipment and tools designed to improve this activity. The alternatives were evaluated and a financial analysis was presented, obtaining the respective IRR (Internal Rate of Return) and the NPV (Net Present Value) of the necessary investment. With this information, a final evaluation and analysis were carried out.

Keywords: *Improvement, Solid Waste, Evacuation, Saving, Financial Analysis*

1. Introducción

Una vez que las compañías que brindan 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, deben estar preparadas para las situaciones particulares que se presentan al arranque de las operaciones.

La mejora del proceso de desalojo de estos desechos, que se presentará en este Informe, responde

a la necesidad de solucionar el problema de acumulación de basura en la terminal intermedia de recolección de desechos, previo a la disposición final en el botadero ecológico.

Generalmente, los cálculos de la capacidad instalada necesaria de equipos para brindar este servicio, que se presenta en las ofertas, está basada en la información histórica de Toneladas recogidas en el tiempo, información entregada por la empresa que prestaba el servicio antes de ser tercerizado, cuyas productividades no eran las mejores ni eran reales.

Una vez iniciada 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 búsqueda de una solución, que permita un desalojo equilibrado de la basura, en relación a la basura recogida en forma diaria, para lo cual se presentó una propuesta de solución para el mejoramiento del desalojo de estos desechos, la cual requería de la menor inversión posible en activos y equipos y una reducción en los costos operativos del desalojo.

Se presentó una propuesta de mejora, realizando una inversión en equipos estacionarios de compactación, en cajas contenedores para basura de 25 yds³, 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, consecuencia de transportar mayor peso en cada viaje, producto de la compactación 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 y las llantas.

2. Materiales y Métodos

2.1. Objetivos

Generalmente durante las fases de arranque de un proceso o de una nueva operación, se presentan pequeños 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; Para el caso que se va a tratar en este documento, también se

presentaron inconvenientes, muchos de ellos pequeños, que se fueron resolviendo al 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 la presentación de una propuesta de solución de forma inmediata.

El objetivo principal de este requerimiento, fue presentar una solución, 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, contempló una inversión económica para la compra de equipos y adecuación mecánica de vehículos.

Otro de los objetivos, fue lograr una disminución de costos en la operación de desalojo de los desechos, ahorro que contribuyó económicamente en la justificación económica de la inversión, luego de la presentación de los respectivos índices financieros.

Finalmente, con un análisis de sensibilidad, se pudo evaluar diferentes escenarios financieros, con el objetivo de asegurar en el tiempo el pago de la inversión, a pesar de la ocurrencia de eventos negativos que alteren financieramente las condiciones de operación, como un incremento significativo en el precio del combustible o de los neumáticos, que son rubros importantes en una operación de transporte pesado.

2.2. Índices de Productividad

Para la implementación de una mejora, se recogió información de productividades de los sistemas actuales de recolección y desalojo, las mismas que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Recolección Semanal

RECOLECCION SEMANAL EN RECOLECTORES (TONS)							
CAPAC.	FREC.	DIAS	VIAJES	TONS.	TONS.	TONS.	
				PROM.	PROM.	PROM.	
No.	(YDS3)	D - DN	TRAB.	DIA	VIAJE	DIA	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
TOTAL						4026,17	

De igual forma, se recolectó la información de la cantidad de viajes realizados para el desalojo de los desechos sólidos, resultados mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Desalojo Semanal

ITEM	TIPO	DESALOJO SEMANAL EN EL ET-1					TONS. PROM SEMANA
		CAP. (M ³)	FREC D DN	TONS.	TONS.	TONS.	
				PROM VIAJE	PROM DIA		
1	VOLQ.	8	DN	6,05	48,37	338,60	
2	VOLQ.	8	DN	5,82	46,58	326,05	
3	VOLQ.	8	DN	6,02	48,14	336,99	
4	VOLQ.	8	DN	6,15	49,23	344,58	
5	VOLQ.	8	DN	5,97	47,77	334,38	
6	VOLQ.	8	DN	5,97	47,74	334,18	
7	BAÑER.	14	DN	8,97	71,76	502,30	
8	BAÑER.	14	DN	8,94	71,52	500,64	
9	BAÑER.	14	DN	8,82	70,55	493,84	
10	MULAS	12	DN	8,21	65,67	459,70	
11	MULAS	12	DN	8,08	64,61	452,26	
12	MULAS	12	DN	7,93	63,48	444,35	
TOTAL						4.867,88	

2.3. Propuesta de solución

Una vez hecho el levantamiento de información y obtenidos 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 en comparación con la cantidad de desechos que ingresan, producto de la recolección diaria. Identificar la inversión necesaria que generen ahorros en la operación.

Luego de varias discusiones, se propuso una 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 o cajas Roll-on utilizadas para el transporte de basura de industrias de alta generación, pero con la diferencia de 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 (Ver figura 1). Poseen las mismas características y diseños, que les permiten ser transportadas con los vehículos tipo Roll-on/off.

Esta solución remedió el problema de optimización de espacio y aprovechamiento de la capacidad de carga para cada uno de los viajes realizados por los medios de transporte, la basura se sometería a un proceso

inicial de compactación, proceso que se realizaría independientemente de la presencia de los vehículo, 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 el sistema apropiado de sobre-chassis para la movilización de dichas cajas.



Figura 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 equipos 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 sometió a un proceso de recuperación, reparación y modificación, de tal forma que puedan ser acopladas a los compactadores estacionarios de pared retráctil, los mismos que tendrían que ser construidos en base a los diseños enviados por nuestro proveedor.

3. Resultados

3.1. Productividad del Nuevo Método

A continuación se presentarán los datos que se obtuvieron en la evacuación de los desechos sólidos del Terminal de Transferencia ET-1, una vez que se implementó el nuevo método de desalojo, con las cajas compactadoras estacionarias, estos datos están reflejados en la tabla 3.

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.

Tabla 3. Desabjo Semanal Compactado

PRODUCCION ACTUAL DEL DESALOJO EN CAJAS ROLL-ON.						
ITEM	TIPO	CAP. (M ²)	FREC D	TONS.	TONS.	TONS.
				PROM VIAJE	PROM DIA	PROM SEMANA
1	ROLL-ON	25	DN	20,01	160,10	1120,70
2	ROLL-ON	25	DN	20,06	160,48	1123,36
3	ROLL-ON	25	DN	19,91	159,30	1115,09
4	ROLL-ON	25	DN	19,84	158,76	952,56
5	ROLL-ON	25	DN	19,82	158,56	792,81
				TOTAL		5.104,53

3.2. Inversión

Para la elaboración del flujo de caja, primero se elaboró un cuadro de inversión inicial, el cual contempló los siguientes supuestos, los mismos que se cuantifican en la tabla 4.

El primer supuesto, es 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 sirviera de respaldo ante daños de los otros vehículos o para entrar en operación durante los periodos de mantenimiento de los 5 vehículos que se asignaron a esa tarea.

Dentro del monto de inversión inicial, también se consideró el costo de mantener la situación de transporte anterior, donde se alquilaba a empresas particulares el transporte, durante un periodo 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 periodo de 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.

Tabla 4. 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 recisión de contrato	\$1.188.000
TOTAL	\$4.345.600

3.3. Flujo de Caja

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

El flujo de caja, que se muestra en la tabla 5, se lo realizó por un período de 5 años, que es el tiempo remanente del contrato, para brindar el servicio de recolección de desechos sólidos domiciliarios. Por otro lado, se considera que el financiamiento es propio del 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, como vehículos Roll-on, cajas compactadoras y centralinas, quedarán inservibles, por lo que no existe un valor residual de los mismos.

Tabla 5. Flujo de Caja Anualizado

FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (MILE\$)						
Inversiones	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Compra vehículos nuevos	-\$1.200					
Fabricación de Cajas compactadoras	-\$600					
Compra de Accesorios	-\$100					
Fase implementación	-\$1.258					
Penalidad por recisión de contrato	-\$1.188					
Ingresos						
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

3.4. Índices Financieros

Como se puede observar en la tabla 5 (Flujo de Caja anualizado), en el año 0, se tiene que la inversión requerida ascendió a US\$4'346.000, que incluye la compra de 6 vehículos Roll-on, la fabricación de 10 cajas compactadoras estacionarias, la compra de los accesorios que incluye 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 recisión 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 durante toda la duración del contrato de servicios de recolección de desechos, 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 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, información que se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Índices Financieros

Tasa referencial de descuento	15%
TIR	24,68%
VAN	\$900
Recuperación de inversión (años)	2,71

3.5. Análisis de Sensibilidad

Considerando los resultados que se obtuvieron del análisis financiero y de los índices, se pudo llevar 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 se 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 uno de los principales costos de una operación de transporte, esto es el costo de combustible, que como se sabe 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 realizó la evaluación, considerando el precio del Diesel sin subsidio, utilizando el precio de venta internacional, esto es US\$3.29 por galón de Diesel 2, esto es más de tres veces el valor actual considerado en los costos de operación.

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

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 existan errores y se haya considerado los precios correctos basados en las especificaciones técnicas adecuadas para la operación.

En la tabla 7 se observa el cuadro resumen final, 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.

Tabla 7. Resumen del Análisis de Sensibilidad

RESUMEN DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD				
ESCENARIOS	VARIACION PORCENTUAL	TIR	VAN	PERIODO DE RECUPERACION
Sin modificaciones	0%	24,68%	900,2	2,71
Incremento en precio del diesel	326%	-4,31%	-1563,4	5,72
Incremento en precio de llantas y lubricantes	300%	16,84%	165,7	3,21
Incremento en costo de vehículos	60%	17,60%	274,2	3,16

4. Conclusiones

Muchas industrias con procesos productivos continuos, concentran y enfocan toda su atención en la reducción de costos operativos, con el propósito de conseguir reducción en los costos de mano de obra directa, reducción del sobretiempo, mejores precios de materias primas y disminución de costos indirectos y gastos administrativos.

Estas mismas empresas o industrias, generalmente realizan evaluaciones de proyectos de inversión, cuando se trata de aumentar su capacidad de producción mediante la adquisición de maquinaria adicional, sin embargo, queda demostrado con este ejercicio de inversión, que existen muchas oportunidades de mejora en los costos de operación, evaluando cada oportunidad como un pequeño proyecto, que signifique algo de inversión, donde se

puedan cuantificar los ahorros y se demuestre financieramente la factibilidad de llevarlos a cabo.

Los costos de contratación de transporte, analizados en este documento, siempre fue un punto crítico en la operación, que motivó continuas reuniones y negociaciones, con la finalidad de obtener los mejores costos. En el momento que se tomó la decisión de solicitar la presentación de una propuesta de mejora, se dio la oportunidad perfecta, para realizar una evaluación de proyectos de inversión asociada a la reducción de costos y no al incremento de una producción

5. Agradecimientos

Un especial agradecimiento a todo el equipo de operaciones del Consorcio, Jefe de operaciones, supervisores diurnos y nocturnos y directivos de la empresa, por su valiosa colaboración en el desarrollo de esta propuesta y por su confianza para poder implementarla.

Al Ing. Jorge Abad Morán, por su invaluable colaboración en el desarrollo de este trabajo.