



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

SÃO PAULO, JUNHO DE 1982

CURSO BÁSICO PARA
GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE
RESÍDUOS SÓLIDOS

SOMA
SECRETARIA DE OBRAS
E DO MEIO AMBIENTE
Eng^o Walter Antunes

Governo
Paulo Maluf



São Paulo
trabalhando.

LIMPEZA PÚBLICA: CUSTOS

Robert O'Regan
Kunistoshi Sakurai

1 - INTRODUCCION

Esta primera parte muestra cinco casos de estudio desarrollados a fin de proporcionar una perspectiva sobre la metodología de evaluación económica y financiera de varias alternativas para el proyecto de servicio de aseo.

En esta evaluación se utilizan los siguientes seis conceptos básicos:

- Factor de recuperación de capital (FRC)
- Factor de depreciación (FD)
- Factor de valor actual (FVA)
- Costo anual equivalente (CAE)
- Punto de vista
- Eficiencia

A continuación se define brevemente cada concepto.

2 - DEFINICIÓN

El factor de recuperación de capital (FRC_n) se usa para convertir una inversión I hecha en el presente año en su costo anual equivalente (CAE) para el período de n años.

$$CAE \text{ de la inversión } I = I \times FRC_n$$

En otras palabras, para recuperar una inversión I hecha en el año 0 se necesita pagar $I \times FRC_n$ anualmente del año 1 al año n .

Supongamos que hoy se invierten \$ 10,000 en la compra de un auto para ser usado

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - 2.2

durante cinco años. En este caso, qué valor tiene el CAE? Es decir, cuánto deberá pagarse anualmente del año 1 al año 5 para recuperar esta inversión? Suele concluirse que \$ 2,000 por año. Esto es cierto siempre y cuando se pueda ignorar la tasa de interés (i), es decir cuando $i = 0$. Sin embargo, en caso de haber interés (en el presente trabajo se usa exclusivamente el 10% como tasa de interés, es decir $i = 0.10$), de acuerdo a la tabla de la página siguiente el CAE de esta inversión son \$ 2,638 anuales del año 1 al año 5.

$$CAE = \$ 10,000 \times FRC_5 (= 0.2638) = \$ 2,638 \text{ por año}$$

En otras palabras, la inversión de \$ 10,000 hoy (año 0) equivale a cinco pagos anuales de \$ 2,638 cada uno.

TABLA 1
 FVA_n , FRC_n Y FD_n (tasa de interés = 10% por año)

Año (n)	FVA_n	FRC_n	FD_n
0	1.0000	-----	-----
1	0.9091	1.1000	1.0000
2	0.8264	0.5762	0.4762
3	0.7513	0.4021	0.3021
4	0.6830	0.3155	0.2155
5	0.6209	0.2638	0.1638
6	0.5645	0.2296	0.1296
7	0.5132	0.2054	0.1054
8	0.4665	0.1874	0.0874
9	0.4241	0.1736	0.0736
10	0.3855	0.1627	0.0627
11	0.3505	0.1540	0.0540
12	0.3186	0.1468	0.0468
13	0.2897	0.1408	0.0408
14	0.2633	0.1357	0.0357
15	0.2394	0.1315	0.0315
16	0.2176	0.1278	0.0278
17	0.1978	0.1247	0.0247
18	0.1799	0.1219	0.0219
19	0.1635	0.1195	0.0195
20	0.1486	0.1175	0.0175
21	0.1351	0.1156	0.0156
22	0.1228	0.1140	0.0140
23	0.1117	0.1126	0.0126
24	0.1015	0.1113	0.0113
25	0.0923	0.1102	0.0102

3.3 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

La tabla de la página anterior muestra el FRC_n solo para una tasa de interés del 10% ($i = 0,10$). En otros casos el FRC_n se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$FRC_n = \frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sin embargo, en la discusión anterior se ha descuidado el hecho de que después de cinco años de uso tal vez se pueda vender el auto por \$ 2,000 (valor de reventa o recuperación). Por supuesto, este ingreso de \$ 2,000 en el año 5 vale menos hoy (año 0) por causa del interés. El valor actual de este ingreso se puede calcular usando el factor de valor actual (FVA) como sigue:

$$\text{Valor presente} = \$ 2,000 \times FVA_5 = \$ 1,242$$

$$FVA_5 = 0,6209 \quad (i = 0,10)$$

Cuando $i = 0,10$, las cifras de FVA_n se pueden obtener mediante la tabla 1. En otros casos, el FVA_n se puede calcular de la siguiente manera:

$$FVA_n = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Si se usa el concepto de FRC, el ingreso de \$ 1,242 en el año 0 (= ingreso de \$ 2,000 en el año 5) equivale a ingresos anuales de \$ 328 desde el año 1 hasta el año 5, así:

$$\$ 1,242 \times FRC_5 (= 0,2638) = \$ 328 \text{ por año}$$

En otras palabras, el ingreso I en el año n es equivalente a los ingresos anuales de $I \times FVA_n \times FRC_n$ del año 1 al año n , y generalmente $FVA_n \times FRC_n$ se llama el factor de depreciación (FD_n).

$$FD_n = FVA_n \times FRC_n = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

Las cifras de FD_n también se pueden obtener a través de la tabla o de la fórmula arriba enunciada.

Además de la relación descrita líneas arriba, hay otra relación entre FD_n y FRC_n :

$$FRC_n = FD_n + \text{tasa de interés}$$

$$\frac{i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i$$

$$\therefore FD_5 = FRC_5 - 0,10 = 0,2638 - 0,10 = 0,1638$$

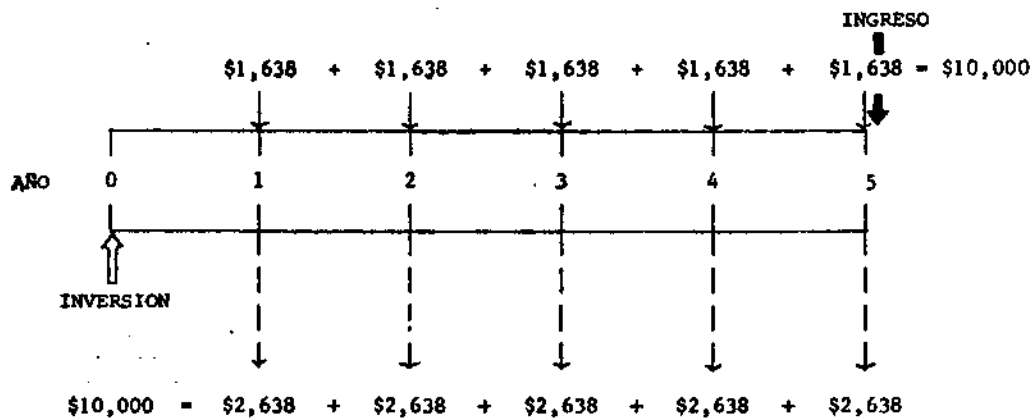
GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - 2.4

Por lo anterior, el costo anual equivalente (CAE) de este auto se puede calcular como sigue:

$$CAE = \underbrace{\$2,638}_{\text{pago anual}} - \underbrace{\$328}_{\text{ingreso anual}} = \$2,310 \text{ por año}$$

Se puede y debe comparar esta cifra de base anual (\$ 2,310 por año) con la de otra opción (compra de otro auto, otros bienes o servicios de diferentes vidas útiles).

A continuación se presenta una figura con el fin de facilitar el entendimiento de los conceptos de FRC y FD:



- > ingreso parcial equivalente al ingreso de \$ 10,000 en el año 5
- - -> pago parcial para recuperar la inversión de \$ 10,000 en el año 0
- tasa de interés = 10%
- FRC₅ = 0.2638
- FD₅ = 0.1638

Cuando se trata de evaluar el aspecto económico y financiero del proyecto del servicio de aseo de debe aclarar el "punto de vista" de la evaluación, así como emplear el más apropiado según el caso. Como "punto de vista" de la evaluación se puede considerar:

- el nivel institucional
- el nivel sectorial
- la economía regional y/o nacional

Por ejemplo, en las sociedades que tienen mucha mano de obra no calificada y alta tasa de desempleo, el barrido manual es más económico que el mecánico desde el punto de vista de la economía regional y/o nacional. Sin embargo, generalmente su costo es más alto que el del barrido mecánico desde el punto de vista del nivel institucional y/o sectorial. En otras palabras, esta economía (creación de empleos para mano de obra no calificada) es ajena a las empresas del servicio de aseo así

como al sector de aseo.

Por esta razón, las autoridades municipales y nacionales deberán brindar respaldo financiero al servicio para que las empresas sigan creando el beneficio social que representa el empleo de mano de obra poco calificada, abundante en esta etapa de urbanización acelerada en las ciudades de América Latina. Los gerentes de las empresas, a su vez, deberán desarrollar vigorosas actividades de persuasión ante las autoridades con el fin de lograr este respaldo financiero. Así mismo, en algunos casos existen suficientes recursos a nivel sectorial, empero a nivel institucional, por una distribución no equitativa, existen muchos servicios que carecen de recursos básicos.

Generalmente el análisis económico del proyecto, del servicio de aseo (costo/beneficio del servicio, etc) debe realizarse desde el punto de vista de la economía regional y/o nacional. Por otro lado, el análisis financiero del proyecto (balance, estado de ingresos, flujos de fondos, tasa financiera, etc.) debe realizarse desde el punto de vista del nivel institucional.

La idea de "eficiencia económica" puede definirse como el hecho de ganar puntos en función de ahorrar los costos. Cabe mencionar que un proyecto puede ser eficiente y al mismo tiempo ineficaz. Por ejemplo, a través de la selección de una alternativa puede reducirse el costo del servicio desde el punto de vista del nivel institucional. Sin embargo, simultáneamente puede aumentarse el desempleo en la economía regional y/o nacional a través de aquella alternativa, en contra de su propósito de ayudarla.

Por lo general el concepto de eficiencia causa dificultades al ser comparado con los beneficios sociales. Usualmente la "eficiencia económica" favorece la alternativa de uso intensivo de capital de costo unitario bajo y perjudica el proyecto de labor intensiva con beneficios sociales ya que es muy difícil evaluarlos en términos de dinero.

3 - INFLACIÓN

En América Latina la tasa de inflación es muy alta a veces alcanza hasta tres dígitos por año, afectando seriamente la evaluación y ejecución de los proyectos de cualquier índole.

En esta situación pueden emplearse dos métodos de evaluación de proyectos. En el primero se incluye el factor de la inflación para estimar los costos y los beneficios, y en el segundo no se lo incluye. Por ser difícil pronosticar la tasa de inflación, en este trabajo se emplea el segundo método. Es decir, se calculan los costos y beneficios en términos constantes, desatiendiendo la inflación.

En caso de que la tasa de inflación sea uniforme para todos los bienes, los dos métodos arriba mencionados darán el mismo resultado en la selección de la alternativa más apropiada. En caso contrario, los resultados pueden ser diferentes. Por ejemplo, cuando la tasa es muy alta para los combustibles exclusivamente, la alternativa de

las estaciones de transferencia será muy favorable.

Una vez seleccionado el proyecto más apropiado en base a términos constantes, se debe incluir el factor de la inflación en la contabilidad del proyecto.

Igualmente, en el presente trabajo no se han considerado los casos de subsidios y préstamos sin interés, tratando de explicar en la forma más sencilla posible cómo se deben usar los conceptos básicos arriba indicados en la evaluación de posibles alternativas.

En todo caso, la comparación de los costos y beneficios debe emplear un único método. No es dable mezclar dos procedimientos, es decir, considerar la inflación para los beneficios manteniendo los costos constantes o viceversa.

4 - CASO DE ESTUDIO Nº 1: REEMPLAZO DE EQUIPOS

La tarea principal de este caso de estudio es determinar si se deben o no cambiar los equipos existentes. En el punto *COSTOS DIRECTOS DE RECOLECCIÓN (trabajo nº 4)* se explicó la metodología presentada por Kendall Bert para tomar esta decisión. Sin embargo, generalmente en América Latina esta metodología nos es aplicable en forma directa por haber dificultades en el acopio de la información necesaria. Por consiguiente, trataremos de presentar una metodología más sencilla para el análisis de reemplazo de equipos.

El caso A supone que existe muy poca o ninguna información en lo que se refiere a:

- vida económica del equipo (se trata en el caso B)
- costo exacto de operación en los años anteriores
- valor exacto de reventa o recuperación
- costo exacto de mantenimiento

Por no disponer de esta información, se requieren en este caso las siguientes estimaciones para el equipo tanto viejo como nuevo:

- costo estimado de operación y de mantenimiento en los años anteriores
- valor estimado de reventa o recuperación

El caso B trata del cálculo de la vida óptima económica de equipo disponiendo del costo estimado de operación y mantenimiento, así como del valor estimado de reventa para cada año de uso.

Los casos C y D tratan un tema un poco diferente. En estos casos el interés no es el reemplazo de equipo sino la selección de equipo más económico. En el caso C se aclara la metodología de comparación de equipos cuyas vidas útiles son distintas y el caso D considera la alternativa de reemplazar el motor versus la de reemplazar el equipo entero.

2.7 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.1 - Caso A: Reemplazo de equipo

Supongamos que el equipo usado tiene un valor estimado de reventa de \$ 20,000, actualmente, en el año 0. En caso de seguir empleando este equipo un año más, el valor de reventa será de \$ 10,000 al fin de su uso (año 1). También se estima que el costo de operación y mantenimiento para este período es de \$ 30,000.

Por otro lado, supongamos que el equipo nuevo tiene un valor inicial de \$ 80,000, durará cinco años y dejará un valor de reventa de \$ 10,000 en el año 5, y que su costo estimado de operación y mantenimiento es de \$ 15,000 por año.

A continuación se presentan algunas suposiciones:

CONCEPTO	EQUIPO VIEJO	EQUIPO NUEVO
Costo de inversión	-----	80,000
Valor de reventa (en el año 0)	20,000	
Valor de reventa (en el año 1)	10,000	
Valor de reventa (en el año 5)		10,000
Costo de operación y mantenimiento	30,000 (en el año 1)	15,000 (promedio anual de los años 1-5)

a) Equipo viejo:

En caso de vender el equipo viejo actualmente (año 0), recibiríamos \$ 20,000 (valor de reventa) que producirían \$ 2,000 ($20,000 \times 10\%$ de interés) por concepto de interés en el año 1.

Por lo tanto, el costo anual del uso del equipo viejo durante un año más será el siguiente:

. costo de operación y mantenimiento	\$ 30,000
. baja en el valor de reventa	10,000
. <u>interés no producido</u>	<u>2,000</u>
T O T A L	\$ 42,000 =====

b) Equipo nuevo:

Aquí se calcula el costo anual equivalente (CAE) de posesión del equipo nuevo durante su vida económica estimada (en este caso 5 años) en lugar del costo total del año 1.

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - 2.8

. CAE de inversión	\$ 21,104 por año
80,000 x FRC ₅ (= 0.2638)	
. CAE de valor de reventa	(1,638) por año
10,000 x FD ₅ (= 0.1638)	
. <u>costo de operación y mantenimiento</u>	<u>15,000 por año</u>
T O T A L	\$ 34,466 por año
	=====

c) Método

El costo total anual del equipo viejo suele aumentar año a año, es decir, el del año 2 suele ser más alto que el del año 1 (= \$ 42,000). En cambio, tal como se muestra en la curva 4 *Rasgos Generales del Costo de Posesión de un Equipo* (trabajo nº 4), el costo total anual del equipo nuevo usualmente no llega al mínimo hasta después de unos cuantos años. Es decir, el costo del primero (costo total anual del equipo viejo) es una variable creciente y el del segundo (equipo nuevo) es decreciente.

En base a lo anterior y teniendo en cuenta el hecho de que el error en la estimación del costo total anual del equipo nuevo para el año 1 es, por lo general, mucho mayor que el del CAE, se hace una comparación, en el presente caso de estudio, entre el costo de posesión del equipo viejo durante un año más (= \$ 42,000) y el CAE de posesión del equipo nuevo durante su vida económica (= \$ 34,466).

La conclusión es la siguiente: Se debe reemplazar el equipo en el año 0 a fin de ahorrar \$ 7,500 aproximadamente en el año 1.

4.2 - Caso B: Cálculo de vida óptima económica

Cuando se compra un equipo nuevo es muy útil conocer su vida económica estimada. La cifra de estimación se puede obtener a través del fabricante (generalmente es más larga que la actual) o se puede calcular como sigue:

a) Datos básicos:

- . costo inicial de un camión compactador = \$ 30,000
- . costo de operación y mantenimiento y valor de reventa:

AÑO	COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO	VALOR DE REVENTA
1	10,000	21,000
2	11,000	14,000
3	12,000	10,200
4	13,200	7,000
5	15,000	5,000
6	17,500	3,000
7	21,000	2,500
8	25,000	2,000

2.9 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

b) Método:

Primero se calcula el CAE de posesión de este camión para cada tiempo de vida (1 año, 2 años, 3 años,, 8 años). Después se busca la que dé el CAE más bajo, que es "la vida óptima económica" de este equipo.

Se hace el cálculo real en forma de tabla como se muestra en la siguiente página. Lo fundamental de este cálculo es la columna 9, que es el valor actual cumulativo del costo de operación y mantenimiento. Este cálculo es necesario ya que la columna 10 representa el costo total cumulativo hasta el año n expresado en valor actual.

El procedimiento para completar esta tabla es el siguiente:

- . Llenar los datos básicos en las columnas 3, 5 y 7, y los factores FVA y FRC en las columnas 2 y 11.
- . Hacer los cálculos para las columnas 4, 6, 8, 9, 10 y 12 conforme a lo indicado.
- . Seleccionar el año que dé el CAE mínimo.

c) Conclusión .

En el presente caso la vida óptima económica es de cinco años.

4.3 - Caso C. Selección del equipo más económico

Cuando se tiene la necesidad de reemplazar el equipo viejo, además de las consideraciones técnicas de debe tratar de seleccionar el equipo nuevo más económico para reemplazarlo. Este caso trata de la selección del equipo más económico dentro de los equipos que cumplen las especificaciones técnicas para el trabajo en cuestión.

Cada uno de los equipos propuestos tiene sus propios datos tales como costo inicial de adquisición, vida económica, valor de reventa, costo de operación y mantenimiento, etc. La comparación económica entre equipos con datos diferentes se puede realizar exclusivamente a través del CAE,

a) Datos básicos:

En una ciudad se han identificado dos alternativas que cumplen las condiciones técnicas especiales para realizar el trabajo de recolección de basura. Cada alternativa tiene las siguientes características:

- Equipo importado (camión compactador con motor a gasolina)

. capital	\$ 50,000
. vida económica	5 años
. costo de operación y mantenimiento	\$ 20,000 por año
. valor de reventa	\$ 5,000

TABLA 2
VIDA ECONOMICA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AÑO	FVA	CAPITAL		VALOR TERMINAL		COSTO OPERACION Y MANTEN.			VALOR ACTUAL TOTAL 4 - 6 + 9	FRC	CAE TOTAL 10 x 11
		REAL	VALOR ACTUAL 3 x 2	REAL	VALOR ACTUAL 5 x 2	REAL	VALOR ACTUAL 7 x 2	VALOR ACTUAL CUMULAT. Σ 8			
0	1.0000	30,000	30,000								
1	0.9091		30,000	21,000	19,091	10,000	9,091	9,091	20,000	1.1000	22,000
2	0.8264		30,000	14,500	11,983	11,000	9,090	18,181	36,198	0.5760	20,850
3	0.7513		30,000	10,200	7,663	12,000	9,016	27,197	49,534	0.4021	19,918
4	0.6830		30,000	7,000	4,781	13,200	9,016	36,213	61,432	0.3155	19,382
5	0.6209		30,000	5,000	3,105	15,000	9,314	45,527	72,422	0.2638	19,105
6	0.5645		30,000	3,000	1,694	17,500	9,879	55,406	83,712	0.2292	19,187
7	0.5132		30,000	2,500	1,283	21,000	10,777	66,183	94,900	0.2054	19,492
8	0.4665		30,000	2,000	933	25,000	11,663	77,846	106,913	0.1874	20,035

2.11 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- Equipo nacional (camión compactador con motor a diesel)

. capital	\$ 80,000
. vida económica	7 años
. costo de operación y mantenimiento	\$ 14,000 por año
. valor de reventa	\$ 10,000

Generalmente, para comprar camiones con motor a diesel hay que invertir más que para adquirir aquellos con motor a gasolina. Sin embargo, duran más y su operación y mantenimiento cuesta menos. Además, su valor de reventa es, usualmente, mayor que el de los camiones con motor a gasolina.

b) Método:

Calcular el CAE para cada equipo y seleccionar el equipo que dé el CAE más bajo.

- Equipo importado

. CAE de inversión	\$ 13,190 por año
$50,000 \times FRC_5 (= 0.2638)$	
. CAE de valor de reventa	(819) por año
$5,000 \times FD_5 (= 0.1638)$	
. <u>costo de operación y mantenimiento</u>	<u>\$ 20,000 por año</u>
T O T A L	\$ 32,371 por año

- Equipo nacional

. CAE de inversión	\$ 16,432 por año
$80,000 \times FRC_7 (= 0.2054)$	
. CAE de valor de reventa	(1,054) por año
$10,000 \times FD_7 (= 0.1054)$	
. <u>costo de operación y mantenimiento</u>	<u>\$ 14,000 por año</u>
T O T A L	\$ 29,378 por año

c) Conclusión:

En el presente caso se debe seleccionar el equipo nacional a fin de ahorrar \$ 3,000 aproximadamente por año. Además, en el caso del equipo nacional pueden haber beneficios indirectos como el ahorro de divisas.

4.4 - Caso D: Reemplazo del motor

La parte crítica de un camión compactador es, por lo general, su motor. Por consiguiente, pueden haber dos alternativas para un mismo equipo. La primera consiste en usarlo sin reemplazar su motor y la segunda consiste en reemplazarlo. El presente caso trata de la comparación de estas dos alternativas.

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - 2.12

a) Datos básicos:

- Uso sin reemplazar el motor

. capital (en el año 0)	\$ 60,000
. vida económica	5 años
. costo de operación y mantenimiento	\$ 20,000 por año
. valor de reventa (en el año 5)	\$ 6,000

- Uso reemplazando el motor

. capital (equipo entero, en el año 0)	\$ 60,000
. capital (motor, en el año 5)	\$ 15,000
. vida económica	7 años
. costo de operación y mantenimiento	\$ 20,000 por año
. valor de reventa (en el año 7)	\$ 6,000

Es decir, reemplazando el motor se puede prolongar su vida dos años más.

b) Método:

Calcular el CAE para cada modo de uso y seleccionar el modo que dé el CAE más bajo.

- Uso sin reemplazar el motor

. CAE de inversión	\$ 15,828 por año
. $60,000 \times FRC_5 (= 0.2638)$	
. CAE de valor de reventa	(983) por año
. $6,000 \times PD_5 (= 0.1638)$	
. <u>costo de operación y mantenimiento</u>	<u>20,000 por año</u>
T O T A L	\$ 34,845 por año

- Uso reemplazando el motor

. CAE de inversión	
. $60,000 \times FRC_7 (= 0.2054)$	\$ 12,324 por año
. $15,000 \times FVA_5 (= 0.6209) \times FRC_7 (= 0.2054)$	1,913 por año
. CAE de valor de reventa	(632) por año
. $6,000 \times PD_7 (= 0.1054)$	
. <u>costo de operación y mantenimiento</u>	<u>20,000 por año</u>
T O T A L	\$ 33,605 por año

c) Conclusión:

La alternativa de reemplazar el motor es ligeramente más económica que la de no reemplazarlo.

2.18 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

§ - CASO DE ESTUDIO Nº 2 : BARRIDO MANUAL VERSUS BARRIDO MECÁNICO

El presente caso trata de la comparación del costo de barrido manual con el de barrido mecánico. Como en el caso 1, la metodología básica que se utiliza es la comparación de los CAEs de dos alternativas. Sin embargo, el presente caso de estudio concede más interés al concepto del "punto de vista".

a) Método:

El costo anual de barrido manual se calcula sin usar los conceptos de FRC y de FD puesto que la vida útil de los equipamientos para barrido manual es, por lo general, inferior a un año. En cambio, el CAE de barrido mecánico se determina empleando los conceptos arriba mencionados. Los datos básicos y el procedimiento del cálculo son los siguientes:

- Barrido Manual

. longitud de calles por barrer: 100 kms

. gastos:

Personal (80 hombres + 10% de reserva)	\$ 360,000
Administración	54,000
Uso de propiedades municipales	72,000
Uniformas, guantes, escobillones y carritos*	9,000
Varios (energía eléctrica, teléfono, útiles de escritorio)	6,000
	6,000

. COSTO TOTAL ANUAL PARA 100 kms	\$ 501,000

. COSTO UNITARIO, \$/km/día (300 días al año)	16.70
	=====

. RENDIMIENTO, km/hombre/día	1.25
------------------------------	------

* Se supone que la vida útil de los equipamientos es inferior a un año.

- Barrido mecánico

. Longitud de calles por barrer: 100 kms

. Gastos de inversión*:

Máquinas barredoras (3+1 de reserva), \$ 240,000	
\$ 240,000 x FRC ₅ (=0.2638)	\$ 63,312
Garaje y taller, \$ 120,000	
\$ 120,000 x FRC ₁₅ (=0.1315)	15,780

. gastos de operación y mantenimiento:

Personal (8 hombres + 2 de reserva)**	60,000
Administración	30,000
Uso de propiedades municipales	72,000
Combustible	120,000
Mantenimiento	50,000
Varios	6,000

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - 2.14

. COSTO TOTAL ANUAL PARA 100 kms	\$ 417,092 =====
. COSTO UNITARIO, \$/km/día (300 días al año)	13.90 =====

* Se supone que la vida útil y el costo inicial de los equipos es como sigue:
(i) máquinas barredoras: 5 años, \$ 240,000; (ii) garaje y taller: 15 años,
\$ 120,000. No se considera el valor de reventa.

** El costo unitario del personal es 50% más alto que para barrido manual.

b) Analisis:

La alternativa del barrido mecánico resulta más barata para el servicio de aseo desde el punto de vista del nivel institucional. La diferencia (más de 80 mil dólares por año) es bastante significativa y no despreciable. Sin embargo, la alternativa del barrido manual produce un beneficio social muy grande - creación de 78 empleos más - desde el punto de vista de la economía regional y/o nacional. Si una sociedad concede mucha importancia a la creación de empleos para mano de obra poco calificada, la alternativa de barrido manual puede ser más económica que la de barrido mecánico.

En el presente caso el costo unitario de la creación de empleos es de \$ 1,076 por año, así:

$$(501,000 - 417,092) \div (88 - 10) = \$ 1,076/\text{empleo/año}$$

El problema es, entonces, la comparación de este costo de creación de un empleo con el costo social de un desempleo (= beneficio social de creación de un empleo). Este último incluirá pagos por concepto de seguro de desempleo y de ayuda social, el aumento de inseguridad social, etc., y algunos son muy difíciles de estimar. Tal vez sea razonable decir que el beneficio social de creación de un empleo es, por lo menos, el 50% de la tasa nominal de sueldo. En este caso, se ha fijado la tasa nominal de sueldo para el personal de barrido manual en \$ 4,000/empleo/año. Por consiguiente, el beneficio social será, por lo menos, de \$ 2,000/empleo/año, el cual es mayor que el costo de creación de un empleo (= \$ 1,076/empleo/año). En otras palabras, el aspecto de empleos desde el punto de vista de la economía regional y/o nacional cambia la decisión en favor del proyecto de labor intensiva (= barrido manual).

c) Conclusión:

La alternativa de barrido manual es más económica desde el punto de vista de la economía regional y/o nacional, y es la que debe seleccionarse. Sin embargo, esta alternativa resulta más cara que la de barrido mecánico desde el punto de vista de nivel institucional. Por consiguiente, los administradores del servicio de aseo deben desarrollar vigorosas actividades de persuasión ante las autoridades con el fin de obtener respaldo financiero para el servicio y, a la vez, seguir creando beneficio social en lo que se refiere al empleo de mano de obra poco calificada, abundante en esta etapa de urbanización acelerada en las ciudades de América Latina.

8.16 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

6 - CASO DE ESTUDIO Nº 3: ANALISIS COSTO/BENEFICIO DE LA INSTALACION DE UNA BALANZA

Se procura aclarar, a través de este caso, la importancia estratégica de la instalación de una balanza en la gestión de residuos sólidos. También se trata de enfatizar la necesidad de aprovechar plenamente el recurso ya existente antes de incurrir en soluciones que necesiten nueva inversión. El presente caso de estudio tiene relación con el concepto de "eficiencia".

a) Problema:

En una ciudad de las siguientes características, surgió necesidad de reducir el número de turnos de dos a uno por problemas de índole laboral y de ruido. (Esta situación es similar en ciudades donde se necesita aumentar la cobertura del 50% al 100%):

- población (no se considera el aumento)	200,000
- PPC	0.6 kg/hab/día
- cobertura del servicio de recolección	100%
- cantidad de basura recolectada	120 ton/día

En el sistema actual se realizan dos viajes por turno por compactador y el promedio de carga son 3 ton/viaje, aunque la capacidad del camión compactador es de 5 ton/viaje. Una baja eficiencia, como es este ejemplo, en el uso de la capacidad de carga es muy común en los sistemas de recolección sin control de carga. Por lo tanto, el sistema actual opera usando 12 vehículos, así:

$$\frac{120 \text{ ton/día}}{2 \text{ turnos/día} \times 2 \text{ viajes/turno} \times 3 \text{ ton/viaje}} = 10 \text{ vehículos}$$

más 20% de reserva 2 vehículos

t o t a l 12 vehículos

Estos 12 camiones compactadores poseen las siguientes características:

- valor inicial	\$ 50,000/camión
- 2 años de uso, vida económica restante	5 años
- valor de reventa	\$ 5,000/camión

Supongamos dos alternativas para reducir el número de dos turnos a uno. La alternativa I consiste en comprar 12 vehículos más (similares a los actuales, vida económica = 7 años) sin mejorar la eficiencia de la recolección, y la alternativa II consiste en instalar una balanza, controlar la carga, diseñar las rutas y aumentar la eficiencia de 3 ton/viaje a 4 ton/viaje. En el caso de la segunda alternativa, se necesita además contratar a un ingeniero para que diseñe las rutas, etc., aprovechando los datos de pesaje.

b) Sistema actual:

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS - 2.18

. costo de inversión (costo anual equivalente)	
capital: $12 \times 50,000 \times FRC_7$ (≈ 0.2054)	\$ 123,240
valor terminal: $12 \times 5,000 \times FD_7$ ($=0.1054$)	(6,324)
. costo de operación (por año)	
personal (100 hombres + 20% de reserva)*	480,000
administración	72,000
uso de propiedades municipales	60,000
uniformes, guantes, etc.	8,000
varios (energía eléctrica, teléfono, útiles de escritorio)	8,000
combustible	220,000
mantenimiento (15% de inversión)	<u>90,000</u>
. COSTO TOTAL ANUAL	<u>\$1,054,916</u> =====

. COSTO UNITARIO:

$$\frac{1,054,916}{120 \times 365} = \$ 24.08/\text{ton}$$

=====

* Se suponen \$ 4,000/hombre/año incluyendo cargas sociales.

- Alternativa I : comprar 12 vehículos más sin mejorar la eficiencia de la recolección.

. costo adicional de inversión (costo anual equivalente)	
12 vehículos: $123,240 - 6,324$	116,916
. costo adicional de operación (por año)	
personal (4 mecánicos más)	20,000
mantenimiento*	<u>30,000</u>
. COSTO TOTAL ANUAL	<u>\$1,221,832</u> =====

. COSTO UNITARIO:

$$\frac{1,221,832}{120 \times 365} = \$ 27.90/\text{ton}$$

=====

* Se supone el 10% de la inversión en vez del 15% ya que ahora el número de turnos es uno y no dos. (10% de inversión de 24 vehículos) - (15% de inversión de 12 vehículos).

- Alternativa II: Instalar una balanza, controlar la carga, diseñar las rutas y aumentar la eficiencia de 3 ton/viaje a 4 ton/viaje.

. número de camiones compactadores:

$$\frac{120 \text{ ton/día}}{1 \text{ turno/día} \times 2 \text{ viajes/turno} \times 4 \text{ ton/viaje}} = 15 \text{ vehículos}$$

más 20% de reserva 3 vehículos

T O T A L 18 vehículos

Es decir, se necesita comprar 6 vehículos más (similares a los actuales, vida económica = 7 años).

8.17 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

. costo adicional de inversión (CAE)	
6 vehículos: $(123,240 - 6,324) \times 1/2$	\$ 58,458
Balanza (\$ 20,000 con costo de ingeniería civil, vida útil de 10 años a 10%. Valor terminal \$ 2,000)	
20,000 x FRC_{10} (= 0.1627)	3,254
2,000 x FD_{10} (= 0.0627)	(125)
. costo adicional de operación (por año)	
un ingeniero	20,000
personal (25 menos)*	(100,000)
administración	(12,000)
uniformes, guantes, etc.	(1,000)
combustibles	(44,000)
COSTO TOTAL ANUAL	\$ 979,503

. COSTO UNITARIO:

$$\frac{979,503}{120 \times 365} = \$ 22.36/\text{ton}$$

* Gracias al aumento de la eficiencia se ha reducido el número de cuadrillas, de 20 (10 vehículos x 2 turnos) a 15 (15 vehículos x 1 turno). Esto facilitará una notable reducción de los costos, no solo de personal sino también de administración, así como de combustibles.

c) Conclusión:

En la tabla que se muestra a continuación se resumen los costos del sistema actual y los de las dos alternativas:

COSTOS DEL SISTEMA ACTUAL Y DE LAS DOS ALTERNATIVAS

	Costo anual	Costo unitario
Sistema actual	\$1,054,916	\$24.08/ton
Alternativa I	1,221,382	27.90
Alternativa II	979,503	22.36

Como se explicó anteriormente, no se puede seguir usando el sistema actual y entre las dos alternativas propuestas, la alternativa II claramente aventaja a la I. Además, la alternativa II, que necesita una inversión modesta (instalación de una balanza, adquisición de 6 vehículos mas y contratación de un ingeniero), resulta más barata que el sistema actual. Estos marcados beneficios de la alternativa II vienen de la efectividad costo/beneficio de la instalación de una balanza. Por lo anterior, se recomienda hacer una modesta inversión a fin de aprovechar plenamente el recurso ya existente.

Cabe destacar también la importancia de contar con un ingeniero a fin de mantener

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS - 2.18

alta la eficiencia en el uso de la capacidad de carga, aprovechando los datos de pesaje y diseñando y ajustando las rutas de recolección. La instalación de una balanza sin contar con el recurso humano que pueda aprovecharla no logrará el efecto esperado.

La alternativa II producirá otro beneficio muy importante. Se trata de la creación del sistema de registro de datos para la gestión de residuos sólidos. La instalación de una balanza funcionará como el punto de partida para la creación de dicho sistema.

La alternativa I ofrecerá 29 empleos más que la II (4+25), gastando \$ 241,879 más anualmente. Por consiguiente, el costo de creación de un empleo será de \$ 8,340/empleo/año. La creación de empleos en esta forma, con sueldos nominales de \$ 4,000/empleo/año (con cargas sociales), no es justificable. Se debe adoptar la alternativa II y gastar \$ 241,879 en crear 60 empleos ($241,879 \div 4,000 = 60$) en otros servicios municipales, ofreciendo así otros beneficios directos a los tributarios.

7 - CASO DE ESTUDIO Nº 4: DETERMINACION DE TARIFA

El procedimiento para la determinación de la tarifa se resume en la figura siguiente:

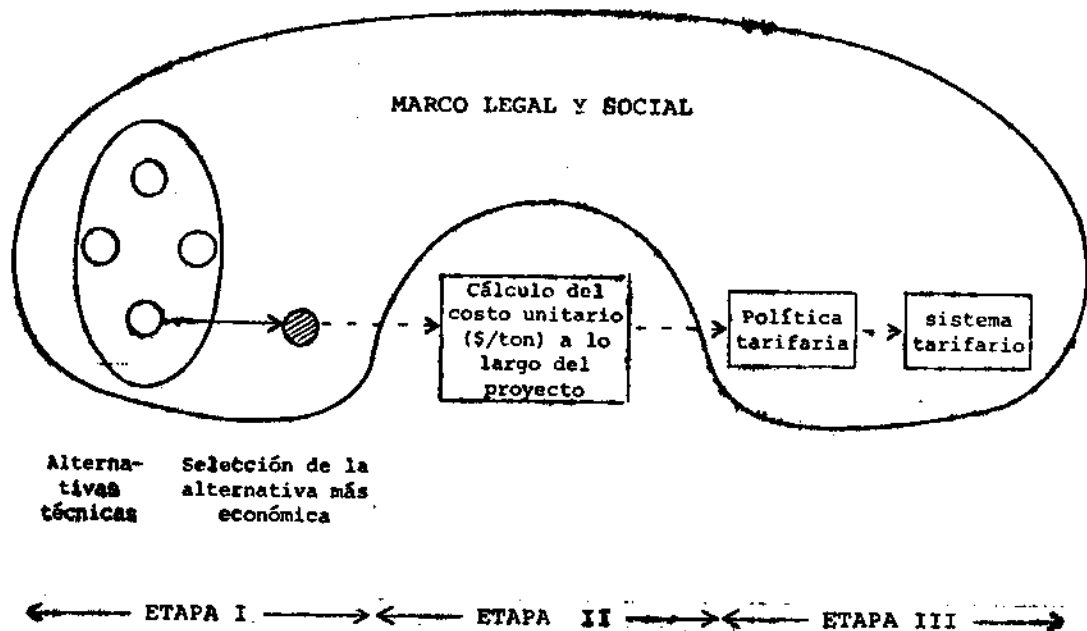


FIGURA 1 - Determinación de tarifa

En la etapa I se selecciona la alternativa más conveniente y se identifica el proyecto de servicio de aseo. Los otros cuatro casos de estudio analizan los trabajos en esa etapa. En cambio, a través de este caso se procura aclarar la etapa II, es decir, el cálculo del costo unitario a lo largo del proyecto. Este costo unitario

8.12 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

(\$/ton) no es la tarifa propiamente dicha sino la base para determinar el sistema tarifario. Para su determinación se necesita otra base más, la cual en la figura se denomina política tarifaria. A continuación se presentan los tres componentes más importantes de dicha política.

POLITICA TARIFARIA

1. ¿Qué porcentaje del costo puede y debe recuperarse a través del sistema tarifario, y qué porcentaje a través del subsidio, etc.?
2. ¿Qué características debe tener la estructura tarifaria? (aspecto de redistribución de ingresos, etc.)
3. ¿Qué factores son más oportunos como base de cálculo tarifario? (Nº de habitantes, categoría de zona, áreas construidas, Nº y tamaño de los recipientes, frecuencia de recolección, consumo de luz eléctrica, etc.)

Estos tres componentes necesitan examinarse cuidadosamente uno por uno, prestando debida atención al marco legal y social correspondiente, empero el presente caso de estudio no se ocupa de esto pues corresponde a la etapa III.

a) Datos básicos:

En una ciudad con una tasa de crecimiento muy alta se ha programado el servicio de aseo de la siguiente manera:

- Inversión en el comienzo del primer año:

. 2 camiones compactadores, un relleno, etc. (vida económica = 5 años) - \$ 200,000
valor de reventa después de 5 años de uso - \$ 20,000

- cantidad de desechos sólidos por recoger y disponer:

<u>Año</u>	<u>Ton/Año</u>	<u>Capacidad nominal de camiones*</u>	<u>Factor de utilización</u>
1	3,000	5,000	60%
2	3,400	5,000	68%
3	3,800	5,000	76%
4	4,200	5,000	84%
5	4,600	5,000	92%

* 2 camiones x 5 ton/viaje x 2 viajes/día x 250 días/año.

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS - 2.20

- los costos de operación, mantenimiento y administración de esta ciudad se expresan como sigue:

$$\text{Cantidad de desechos sólidos (ton/año)} \times 10 (\$/\text{ton}) + 40,000 (\$/\text{año})$$

En base a estos datos se quiere determinar el costo unitario U (\$/ton) a lo largo del proyecto (en este caso la duración del proyecto es igual a la vida económica de un camión, es decir, 5 años). Este, a su vez, hará posible la determinación del sistema tarifario.

El costo unitario U puede definirse como el ingreso promedio ponderado (\$/ton) por realizarse a lo largo del proyecto a fin de costearlo, cualesquiera que sea la fuente de financiación (tarifa, tasa, subsidio, etc.) y la estructura tarifaria (por ejemplo, tarifa ponderada para un estrato social con ingreso alto).

b) Método:

Los costos de inversión y de operación y mantenimiento se acumulan hasta el año 5 a una tasa de interés de 10%. Se puede usar el método de calcular el CAE para el año 0, en vez de acumular los costos hasta el año 5. Los resultados serán los mismos.

c) Analisis:

Se calcula la acumulación del costo e ingreso de la siguiente manera:

- Acumulación del costo de los años 1 - 5:

• Inversión

$$\begin{array}{r} \$200,000 \times 1.1^5 \text{ (5 años a 10\%)} \\ \underline{(20,000)} \quad \text{(en el año 5)} \\ \$302,102 \end{array}$$

• Operación, mantenimiento y administración

Año	Costo	Cálculo	Valor en el año 5
1	70,000	$70,000 \times 1.1^4$	\$102,487
2	74,000	$74,000 \times 1.1^3$	98,494
3	78,000	$78,000 \times 1.1^2$	94,380
4	82,000	$82,000 \times 1.1$	90,200
5	86,000	86,000	86,000
T O T A L			\$471,561

ACUMULACION DE COSTO: \$773,663

- Acumulación de ingreso de los años 1 - 5:

8.81 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Ingreso total por concepto de tarifa, tasa, subsidio, etc.

Año	Ton/año	Ingreso	Cálculo	Valor en el año 5
1	3,000	3,000 U	3,000 U x 1.1 ⁴	\$ 4,392.3 U
2	3,400	3,400 U	3,400 U x 1.1 ³	4,525.4 U
3	3,800	3,800 U	3,800 U x 1.1 ²	4,598.0 U
4	4,200	4,200 U	4,200 U x 1.1	4,620.0 U
5	4,600	4,600 U	4,600 U	4,600 U
T O T A L				\$22,735.7 U

Para costear el proyecto, la acumulación de ingresos debe ser igual a la de costos.

$$22,735.7 \text{ U} = \$ 773,663$$

$$U = \frac{773,663}{22,735.7} = \$ 34.03 \text{ por ton}$$

d) Conclusión:

Se debe obtener un ingreso de \$ 34.03/ton a lo largo del proyecto con el fin de costearlo.

Si la política tarifaria de esta ciudad es recuperar el 100% del costo a través del sistema tarifario y realizar la redistribución de ingresos a través de la tarifa ponderada, el procedimiento de la etapa III se resume a continuación. Además, se supone que en este ejemplo la eficiencia de recaudación de tarifa es de 90%.

Estrato	N° de viviendas*	Producción anual (Ton/año)*	Factor ponderación*	Tarifa a facturar
Ingreso alto	400	700	2	700 x 2 x T**
Ingreso medio	2,000	1,500	1	1,500 x 1 x T
Ingreso bajo	1,600	800	0.5	800 x 0.5 x T
	4,000	3,000		3,300 T

* Datos básicos adicionales

** T = Tarifa unitaria (\$/ton)

$$3,300 \text{ T} \times 0.90 = 3,000 \text{ (ton/año)} \times 34.03 \text{ ($/ton)}$$

$$\therefore T = 34.37 \text{ ($/ton)}$$

Si para determinar la tarifa a facturar para una vivienda se consideran el estrato a que pertenece esta vivienda y la cantidad de basura producida por ella, el sistema tarifario de esta ciudad será como sigue:

Estrato	Cálculo	Tarifa a facturar (\$/ton)
Ingreso alto	2 x 34.37	68.74
Ingreso medio	1 x 34.37	34.37
Ingreso bajo	0.5 x 34.37	17.19

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS - 2.22

8 - CASO DE ESTUDIO Nº 5: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS EN EL USO DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA Y EN LA UBICACION DE FUTUROS RELLENOS

En las ciudades grandes el desarrollo de las áreas metropolitanas generalmente determina que los viajes de los camiones recolectores de basura al lugar de disposición final sean cada vez más largos y se requieran etapas intermedias, o sea estaciones de transferencia, para minimizar los costos globales del servicio de aseo.

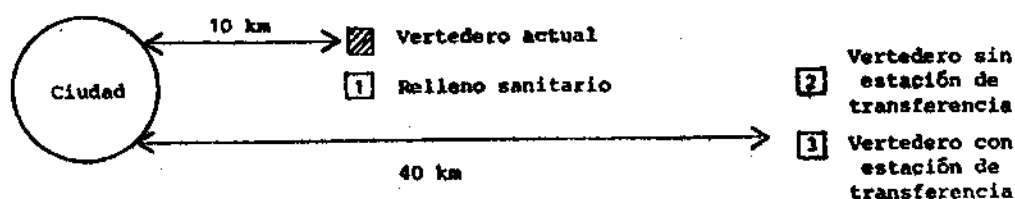
Para justificar el uso de las estaciones de transferencia, el costo total de recolección, transferencia y disposición final debe ser menor que el costo total de recolección, acarreo directo y disposición final. En este sentido, es absolutamente necesario llevar a cabo un análisis de costos antes de decidir la construcción de una estación de transferencia.

Este problema tiene dos aspectos: el caso A que trata de la selección de la alternativa más económica entre las factibles de un número limitado; y el caso B que trata del cálculo de aquella distancia al relleno por encima de la cual resulta más barato el sistema de transferencia que el de acarreo directo. Es decir, el interés principal del caso B se encuentra en la identificación del "punto de equilibrio" entre los dos sistemas indicados.

En cuanto al método de análisis, se usa el concepto de "costo anual equivalente".

8.1 - Caso A: Estación de transferencia

En una ciudad de 2,000,000 de habitantes en donde se recogen 1,200 toneladas de basura diariamente (PPC: 0.8 kg/hab/día, cobertura de recolección: 75%), se ha agotado el espacio de disposición final en el vertedero actual que queda a 10 kilómetros de la ciudad y hay que construir un relleno nuevo. En las cercanías del vertedero actual hay un sitio para ubicar el relleno. Sin embargo, los vecinos lo aceptarían siempre y cuando sea un verdadero relleno sanitario, puesto que se ha tenido problemas serios con el actual. En caso de que se siga usando el método de vertedero a cielo abierto, se necesitaría ubicarlo a 40 kilómetros de la ciudad.



2.23 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- Alternativas posibles:

- . Relleno sanitario (a 10 km)
- . Vertedero a cielo abierto, sin estación de transferencia (a 40 km)
- . Vertedero a cielo abierto, con estación de transferencia -ET- (a 40 km)

No se considera el costo de terreno ya que en el primer caso éste puede ser muy alto, pero la valorización del terreno, a través de la realización de un verdadero relleno sanitario, también puede ser alta. Por esta razón, es muy difícil incluir el costo de terreno y se necesita efectuar un estudio cuidadoso en cada caso.

- Datos básicos:

- . Cantidad de basura: 1,200 ton/día
- . Tasa de interés: 10% por año
- . Vida económica:

camiones recolectores	}	5 años	valor de reventa 10%
tractores madrinas			
maquinarias de ET			
maquinarias de relleno			

infraestructura de relleno	}	10 años	valor de reventa 0%
ingeniería civil de ET			

ingeniería civil de ET	}	15 años	valor de reventa 0%

- . Turno: uno por día de trabajo
- . Viajes por camión por turno:

Alternativa I	}	3 viajes/camión/turno
Alternativa III		

Alternativa II	}	2 viajes/camión/turno

- . Carga: 5 ton/viaje

a) Alternativa I: Relleno sanitario a 10 km

- Costo de inversión

Camiones recolectores (\$50,000/camión)

$$\frac{1,200 \text{ ton/día}}{1 \text{ turno/día} \times 3 \text{ viajes/turno} \times 5 \text{ ton/viaje}} \times 1.20^* = 96 \text{ camiones}$$

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS - 2.24

$26 \times 50,000 \times FRC_5 \quad (= 0.2638) \quad \$1,266,240$
 $98 \times 5,000 \times FD_5 \quad (= 0.1638) \quad (78,624)$

* 20% de reserva

. Maquinaria de relleno sanitario (\$ 1,200,000)

$1,200,000 \times FRC_5 \quad (= 0.2638) \quad 316,560$
 $120,000 \times FD_5 \quad (= 0.1638) \quad (19,656)$

. Infraestructura de relleno sanitario (\$ 200,000)
(acceso, cerco, drenaje, balanza, etc.)

$200,000 \times FRC_{10} \quad (0.1627) \quad 32,540$
 Valor de reventa = 0

- Costo de operación

. Personal (480 hombres)	\$1,920,000
. Administración	192,000
. Combustible	880,000
. Mantenimiento	600,000
. Uso de propiedades municipales	500,000
. Uniformes, guantes, etc.	80,000
. Varios	<u>100,000</u>
COSTO TOTAL ANUAL	\$5,789,060

COSTO UNITARIO

$$\frac{5,789,060}{1,200 \times 365} = \underline{\underline{\$13.22/\text{ton}}}$$

b) Alternativa II: Vertedero a cielo abierto a 40 km sin ET

- Costo de inversión

Camiones recolectores

$$\frac{1,200 \text{ ton/día}}{1 \text{ turno/viaje} \times 2 \text{ viajes/turno} \times 5 \text{ ton/viaje}} \times 1.20 = 44 \text{ camiones}$$

$144 \times 50,000 \times FRC_5 \quad (= 0.2638) \quad \$1,899,360$
 $144 \times 5,000 \times FD_5 \quad (= 0.1638) \quad (177,936)$

. Maquinaria de vertedero (\$200,000)

$200,000 \times FRC_5 \quad (= 0.2638) \quad 52,760$
 $20,000 \times FD_5 \quad (= 0.1638) \quad (3,276)$

2.25 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESIDUOS SÓLIDOS

- . Infraestructura de vertedero (\$40,000)
(acceso, cerco, drenaje, balanza, etc.)

$$40,000 \times FRC_{10} (= 0.1627) \quad 6,508$$

$$\text{Valor de reventa} = 0$$

- Costo de operación

. Personal (700 hombres)	\$2,800,000
. Administración	280,000
. Combustible	1,200,000
. Mantenimiento	740,000
. Uso de propiedades municipales	600,000
. Uniformes, guantes, etc.	120,000
. Varios	<u>150,000</u>
COSTO TOTAL ANUAL	\$7,727,416

COSTO UNITARIO

$$\frac{7,727,416}{1,200 \times 365} = \underline{\underline{\$17.64/\text{ton}}}$$

c) Alternativa III: Vertedero a cielo abierto a 40 km con ET

- Costo de inversión

- . Camiones recolectores

$$\frac{1,200 \text{ ton/día}}{1 \text{ turno/viaje} \times 3 \text{ viajes/turno} \times 5 \text{ ton/viaje}} \times 1.20 = 96 \text{ camiones}$$

$$96 \times 50,000 \times FRC_5 (= 0.2638) \quad \$1,266,240$$

$$96 \times 5,000 \times FD_5 (= 0.2638) \quad (78,624)$$

- . Tractores madrina y maquinarias de ET (\$2,000,000)

$$2,000,000 \times FRC_5 (= 0.2638) \quad 527,600$$

$$200,000 \times FD_5 (= 0.1638) \quad (32,760)$$

- . Ingeniería civil de ET (\$1,500,000)

$$1,500,000 \times FRC_{15} (= 0.1315) \quad 197,250$$

$$\text{Valor de reventa} = 0$$

- . Maquinaria de vertedero (\$200,000)

$$200,000 \times FRC_5 (= 0.2638) \quad 52,760$$

$$20,000 \times FD_5 (= 0.2638) \quad (3,276)$$

GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS - 2.26

- . Infraestructura de vertedero (\$40,000)
(acceso, carco, drenaje, balanza, etc.)

$$40,000 \times PRC_{10} (=0.16271) \qquad 6,508$$

Valor de reventa = 0

- Costo de operación	
. Personal (540 hombres)	\$2,160,000
. Administración	216,000
. Combustible	1,080,000
. Mantenimiento	680,000
. Uso de propiedades municipales	600,000
. Uniformes, guantes, etc.	90,000
. Varios	120,000
COSTO TOTAL ANUAL	\$6,881,698

COSTO UNITARIO

$$\frac{6,881,698}{1,800 \times 365} = \underline{\underline{15.71 \$/ton}}$$

- Conclusión

- . Se muestra en la siguiente tabla el resumen de los costos de las tres alternativas.

	COSTO ANUAL	COSTO UNITARIO	PRIORIDAD
Alternativa I	\$ 5,789,060	13.22 \$/ton	1
Alternativa II	\$ 7,727,416	17.64 \$/ton	3
Alternativa III	\$ 6,881,698	15.61 \$/ton	2

En este caso la mejor alternativa es la realización de un verdadero relleno sanitario a 10 km de la ciudad ya que ello facilita la minimización del costo global del servicio.

En muchas ciudades de América Latina se sigue empleando el método de vertedero a cielo abierto con el pretexto de no contar con los recursos financieros necesarios para realizar un verdadero relleno sanitario, creando así toda una gama de problemas y dificultando la ubicación de rellenos en las cercanías de las ciudades. Esto es ridículo puesto que se procura minimizar el costo parcial (costo de disposición final) para perder en economía global. Por consiguiente, es fundamental:

- Tratar de ubicar los rellenos a la más corta distancia posible de la ciudad y, a tal efecto,
- Realizar la disposición final en la forma de un verdadero relleno sanitario.

8.2 - Caso B: Punto de equilibrio

Como se ha mencionado anteriormente, en este caso se procura calcular el "punto de

2.27 - GERENCIAMIENTO DE SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

equilibrio^a de los sistemas, el de acarreo directo y el de transferencia.

- Datos básicos y procedimiento de cálculo:

Se presentan a continuación los datos de ambos sistemas así como el procedimiento de cálculo del punto de equilibrio:

COSTO DE TRANSPORTE POR VEHICULO	ACARREO DIRECTO	CON TRANSF.
<i>Costo por año</i>		
Amortización del vehículo ¹	\$ 10,332	\$ 18,369
Salario del chofer más beneficio marginal ²	1,300	1,625
Salario de tres recolectores más beneficio marginal ²	2,925	0
Seguro, licencias e impuestos del vehículo	<u>2,500</u>	<u>4,000</u>
Subtotal	\$ 17,057	\$ 23,994
Subtotal por minuto ³	0.137	0.192
Subtotal por kilómetro ⁴	0.137 ✓	0.256
<i>Costo por kilómetro</i>		
Combustible, aceite y llantas ⁵	0.150	0.280
Mantenimiento y reparación	<u>0.060</u>	<u>0.060</u>
Subtotal por kilómetro	\$ 0.210 ✓	\$ 0.340
Total por kilómetro	0.347	0.596
Total por tonelada por km ¹	\$ <u>0.069</u>	\$ <u>0.030</u>
Costo por ton de propiedad, operación y mantenimiento de la estación	0	2.00
Costo por ton de maniobra y descarga del carro transportador	0	0.50

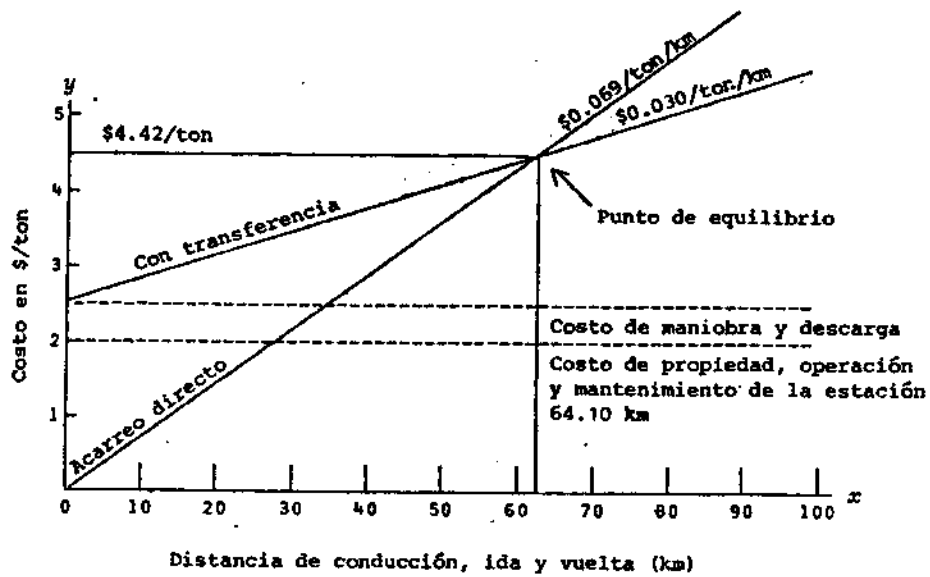
1 Compactador diesel de una capacidad de 5 ton (\$ 45,000) y transportador diesel de una capacidad de 20 ton (\$ 80,000). Amortización durante seis años al 10% anual

2 Chofer del compactador (\$ 4.00/día), chofer del transportador (\$ 5.00/día) y recolector (\$ 3.00/día). 260 días de trabajo por año. Se estima que el beneficio marginal es del 25% del salario

3 Se estiman 260 días de trabajo por año y ocho horas por jornada

4 Se estima la velocidad del transporte como sigue: compactador (60 km/hora), transportador (45 km/hora)

5 Se estima que el precio de los combustibles es de 0.25 dólares por litro y que el consumo es de 0.4 litros/km (compactador) y 0.7 litros /km (transportador)



El cálculo del punto de equilibrio se hace usando la fórmula:

$$y = ax + b$$

$$y = 0.030 x + 2.50 \quad (1)$$

$$y = 0.069 x \quad (2)$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2),

$$0.038 x = 2.50$$

$$x = \underline{\underline{64.10 \text{ km}}}$$

Sustituyendo esta distancia en la ecuación (2),

$$y = 0.069 \times 64.10 = \underline{\underline{4.42}} \text{ $/ton}$$

- Conclusión

En las condiciones arriba mencionadas, se puede justificar el uso de las estaciones de transferencia solamente cuando la distancia sea mayor a los 32 km ($64/2 = 32$) del lugar de disposición.