

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS PARA LA UBICACIÓN DE SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSM

La metodología de evaluación socioeconómica de proyectos para la ubicación de sitios de disposición final de RSM consiste en definir, cuantificar y valorar los costos sociales que se generarían en la situación sin proyecto y en las alternativas posibles de proyecto que se planteen, para compararlas y, determinar la localización, tamaño y número de sitios óptimos para disposición final de RSM.

Por la naturaleza social del proyecto de eliminación de RSM, el beneficio otorgado a la sociedad es indiscutible, ya que obviamente existe consenso de la población respecto a la conveniencia social de éste, por ello en una comunidad la necesidad de eliminar los RSM hace indispensable el empleo de recursos para establecer una disposición final que la satisfaga. En la medida en que esto se logre se beneficia la sociedad, pero ese mismo beneficio puede ser alcanzado a distintos costos sociales, por lo que se debe optar por elegir aquella alternativa que los minimice, es decir, evaluar bajo el criterio costo-eficiencia.²⁷

A. Evaluación de la situación sin proyecto

Consiste en analizar características de la oferta y demanda actuales y futuras del servicio de eliminación de RSM, para así detectar y estimar el grado de contaminación que se está produciendo, así como el que se producirá al ir aumentando la acumulación de RSM en los tiraderos de la zona de estudio, y con ello, su impacto en los recursos naturales en caso de no realizarse el proyecto. Esto se hace con el fin de cuantificar y valorar los costos sociales que se ocasionarían, midiendo el monto de la pérdida de la productividad de los recursos naturales que se dañarían.

Para identificar el grado de contaminación que se está originando, se realizan análisis de laboratorio por un especialista²⁸, en el que se toman muestras de agua del área de influencia del sitio de disposición final en funcionamiento, con el propósito de detectar contaminantes generados por los RSM vertidos en el basurero, (ver anexo No 1) que son causantes de numerosas enfermedades y deterioro ecológico que repercuten en actividades económicas, que al identificarse se pueden cuantificar los costos en que se incurre si no se realiza el proyecto. Con la finalidad de establecer la situación sin proyecto, la actual debe optimizarse. Para ello, se

27 Ministerio de Planificación Cooperación (22). p 113.

28 El análisis fue realizado por el Departamento Ecológico de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del estado de Tamaulipas.

analiza la conveniencia de realizar obras de acondicionamiento en los tiraderos de cada municipio, y así, aumentar la vida útil y disminuir el grado de contaminación. Hecho que implica la utilización de recursos que debe ser contemplado en la evaluación de la situación sin proyecto. Sin embargo, pueden presentarse condiciones que tornen inconveniente la inversión en obras de acondicionamiento en los tiraderos actuales, por lo que los tiraderos tengan que ser clausurados.

El momento óptimo de la clausura de un sitio de disposición final de RSM no está determinado con exactitud, ya que dependerá de las condiciones físicas en que esté operando el sitio, y de los efectos que éstas causen a la población y medio ambiente (como contaminación por ejemplo). Para ello, es conveniente apegarse a lo que la normatividad indica a ese respecto, y no sólo en el momento de la construcción, sino durante la operación del sitio.²⁹

B. Criterios de evaluación para las alternativas de disposición final de RSM

La localización, tamaño y número óptimos del (os) sitio (s) de disposición final, son los criterios básicos para realizar la evaluación socioeconómica de la disposición final de los RSM, y así poder sugerir cuál o cuáles ubicaciones son las más convenientes para la sociedad.

1. Localización óptima del sitio de disposición final³⁰

Con el fin de detectar los menores costos sociales del traslado y disposición final de los RSM, debe considerarse en las diversas alternativas de terrenos para relleno sanitario³¹, aquellos factores que influyen en ellos, tales como:

Por ejemplo se puede observar a distancia entre y un relleno sanitario y la zona urbana después de que ésta haya crecido. Ver proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994. en Secretaría de Gobernación (31). 22 de junio de 1994.

30 Sapag Chain (30). pp 142-164.

31 Relleno sanitario obra de ingeniería para la disposición final segura de los residuos sólidos.

a) Factibilidad de los terrenos

- Se detectan aquellos terrenos que dadas sus características (vientos dominantes, edafología, topografía y geohidrología) tendrían un impacto menor sobre el medio ambiente y la población³². Esto da la pauta para minimizar los costos sociales debido a las externalidades por contaminación, porque se evitaría que los olores expedidos por los RSM fueran transportados por el viento a las zonas pobladas, y una mayor impermeabilidad de un terreno impide el drene de lixiviados a los mantos freáticos, y por lo tanto, el agua subterránea y superficial no se contamina.
- Según las características físicas de los terrenos será el monto de inversión para acondicionarlo como relleno sanitario y los costos de operación para que funcione, lo que ocasiona diferencias entre las alternativas de terrenos para relleno sanitario, por lo que se deben comparar para la elección de la mejor.
- De entre los terrenos elegidos, se procede a cuantificar sus costos de oportunidad, que serán costos directos de cada una de las alternativas de proyecto. Estos se obtienen contemplando el precio de mercado actual de los terrenos.
- En los terrenos aledaños a los sitios alternativos para la disposición final de los RSM, el proyecto genera externalidades, cuyos efectos pueden ocasionar su depreciación o apreciación; la cual, se puede medir mediante la diferencia entre el “valor de la tierra sin proyecto” a precios de mercado y el “valor de la tierra con proyecto” usando la referencia empírica de otros casos similares, a precios de mercado o consultar a la Comisión de Avalúos de Bienes Inmuebles Nacionales (CABIN). El comportamiento del valor de estos terrenos depende del uso que se les asigne a causa de las externalidades que provoca el proyecto. Si no existe cambio en el uso del terreno aledaño al relleno sanitario, entonces no existe depreciación ni apreciación.

32 Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994, en Secretaría de Gobernación (31). 22 de junio de 1994.

- Para la localización se debe tomar en cuenta el plan de desarrollo urbano de la zona de estudio y la posibilidad de que existan regulaciones para que no se instale población en los alrededores del relleno sanitario, con la intención de analizar hacia dónde crecerá la ciudad y evitar que la mancha urbana alcance al sitio de disposición final antes de su clausura, y así mantener la distancia de 500 m requerida con fines sanitarios entre las zonas habitadas y la ubicación de los rellenos sanitarios. De tal forma que la vida útil del sitio de disposición final no sea interrumpida por las autoridades al tener que aplicar la norma para proteger a la población de enfermedades.

b) Costos de transporte de la zona de recolección al sitio de disposición final

- Costos de operación por tipo de vehículo

Se obtienen contabilizando los costos de combustible, lubricantes, mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades, mano de obra (valorados con precio social).³³

- Externalidad por aumento en Costos Generalizados de Viaje (CGV) de otros usuarios del camino de acceso al sitio de disposición final.

Se debe identificar, mediante aforos vehiculares en caminos de acceso al relleno sanitario la presencia de congestión que, de existir, al agregar unidades adicionales de vehículos provocaría costos generalizados de viaje a los demás usuarios del camino. Para obtener los CGV se emplea la metodología existente.³⁴

Si las unidades adicionales de vehículos debidas al proyecto no generan congestión, sólo se contemplan los costos anteriormente expuestos.

- Externalidad por el deterioro del camino de acceso al relleno sanitario por agregarle unidades pesadas adicionales.

33 Como la evaluación es de tipo social. la mano de obra, divisas; tasa de descuento, debe ser convertida de precios de mercado a precios sociales. que reflejan la valoración que la sociedad les otorga. Los factores de conversión serán proporcionados por la Coordinación de Proyectos de BANOBRAS.

34 Ministerio de Planificación y Cooperación (22). pp 302-319

Con el fin de determinar un plan de costo mínimo para transportar los RSM de su fuente de generación al destino de disposición final, se empleará el método simplex de programación lineal.³⁵

En el caso de la ZCTAM, las fuentes de generación de RSM son los municipios de Tampico, Altamira y Madero, y los destinos de disposición final serán las alternativas de localización que se tengan (ver gráfico No 3.1).

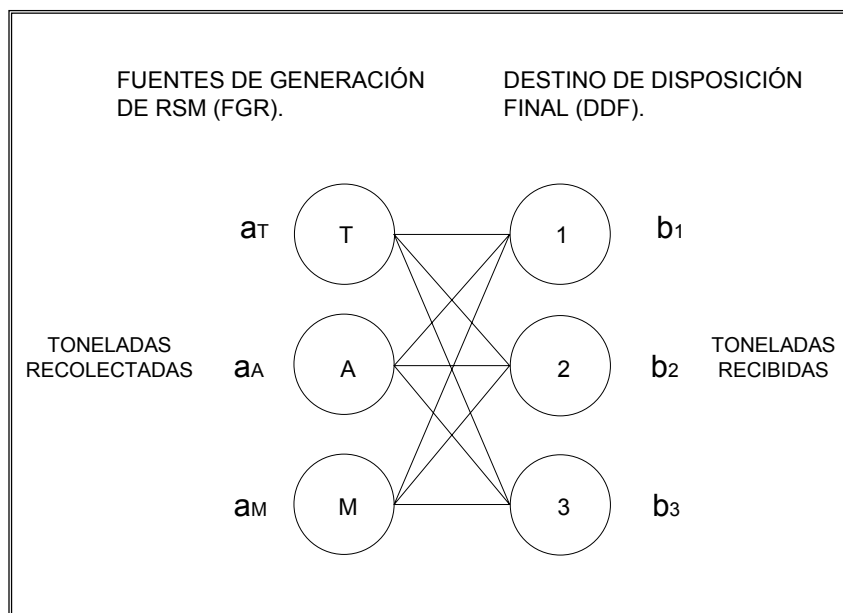


Gráfico 3.1 Fuentes, rutas de transporte y destino de los RSM

T=TAMPICO
A=ALTAMIRA
M=MADERO

Las toneladas de RSM recolectadas en la fuente i son a_i y, las toneladas de RSM recibidas en el destino j son b_j . El costo de transporte unitario entre la fuente i y el destino j es C_{ij} (la distancia de la fuente i al destino j se mide a partir de un punto geográfico central de cada cabecera municipal o sector hasta la entrada del sitio de disposición final).³⁶

Si R_{ij} representa la cantidad de RSM transportada diariamente desde la fuente i a un destino j para el año que se trate de la vida útil del

35 Taha Hamdy (34). pp 187-221

36 Si el área poblacional de la zona de estudio es muy grande, entonces para tener mayor exactitud en el cálculo de las distancias se divide en sectores

proyecto, entonces, el modelo general de programación lineal que representa el modelo de transporte es:

$$\text{minimizar } z = \sum_{i=1}^{FGR} \sum_{j=1}^{DDF} C_{ij} R_{ij}$$

sujeto a

$$\sum_{j=1}^{DDF} R_{ij} = a_i, i = T, A, M.$$

$$\sum_{i=1}^{FGR} R_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n.$$

T = TAMPICO C_{ij} = Costo de transporte unitario de la fuente (i) al destino (j)
A = ALTAMIRA R_{ij} = Cantidad diaria de RSM que se transporta de i a j
M = MADERO a_i = Toneladas de RSM recolectadas en la fuente
 a_j = Toneladas de RSM recibidas en el destino

Un método compacto para representar el modelo de transporte consiste en utilizar lo que se denomina tabla de transporte. Esta es una forma de matriz donde sus renglones representan las fuentes y sus columnas el destino. Los elementos de costo C_{ij} se resumen en la esquina superior derecha de la celda (ij) de la matriz, como se ilustra en la matriz del cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Tabla de transporte. Sitios

	1		2		3		Oferta
TAMPICO	RT1	CT1	RT2	CT2	RT3	CT3	RT
ALTAMIRA	RA1	CA1	RA2	CA2	RA3	CA3	RA
MADERO	RM1	CM1	RM2	CM2	RM2	CM2	RM
Demanda	R1		R2		R3		

Para realizar la selección de las rutas económicas del modelo, se emplea el método del costo mínimo, cuyo procedimiento es tachar de cada renglón de la matriz los costos de transporte más elevados y dejar sin tachar el costo de transporte menor, que representa el destino óptimo para el origen de ese renglón. Se repite sucesivamente ese procedimiento para cada renglón de la matriz, y las celdas de la matriz que no se tachen son los orígenes-destino óptimos según el modelo de transporte para el año de que se trate.³⁷

El mismo procedimiento se repite para cada año de la vida útil del proyecto, pues los sectores en que se dividió la zona de estudio

pueden tener cambios en el liderazgo de generación de RSM y también en la externalidad por CGV del camino de acceso al relleno sanitario, que afecten la decisión de localización óptima. En ese caso se opta por la(s) alternativa(s) de origen-destino que a través del tiempo incurra(n) en menores costos. Si en el primer año y el último de la vida útil del proyecto se obtienen los mismos resultados de origen destino con el modelo de transporte, entonces, no hay necesidad de aplicarlo para los demás años del proyecto.

Con el objetivo de minimizar los costos de transporte se debe analizar la posibilidad de operar una planta de transferencia en donde los RSM recolectados se transbordan a unidades de mayor capacidad hacia el sitio de disposición final.

La localización de la planta de transferencia se debe hacer en concordancia con la localización del o los rellenos sanitarios. El criterio para determinar si es conveniente, está en considerar si la reducción en costos de transporte al relleno sanitario con la planta, es mayor que los costos sociales que genera su instalación y operación.

Primeramente se analizan los costos de transporte con la planta de transferencia, mediante la obtención del punto de equilibrio entre la función de costos de transporte sin planta y la función de costos de operación y transporte de la planta, a partir del cual se justifica la instalación de la planta de transferencia (ver gráfico No 3.2).

Función de costos de transporte sin planta: $C_{s/p} = C_{tr} d$

*Función de costos de operación y, transporte con planta *:*
 $C_{c/p} = CO + C_{tt} d$

donde,

C = Costo de transporte total sin planta (s/p) y con planta (c/p)

C_{tr} = Costo de transporte del camión recolectar por unidad/km.

C_{tt} = Costo de transporte del tracto-camión con semi-remolque por unidad/km

d = Distancia en km.³⁸

* Según experiencia de las empresas Sistema Metropolitano para el Procesamiento de los Desechos Sólidos (SIMIPRODE) y Promotora Ambiental S.A. de C.V. las funciones de costos de transporte son lineales, porque según la distancia recorrida es el aumento en sus costos.

38 La distancia que sirve de comparación entre los costos de los dos tipos de transporte es la distancia del posible sitio donde se ubicaría la planta de transferencia al relleno sanitario, ya que del punto central geográfico de la

C_o = Costo de operación de la planta de transferencia

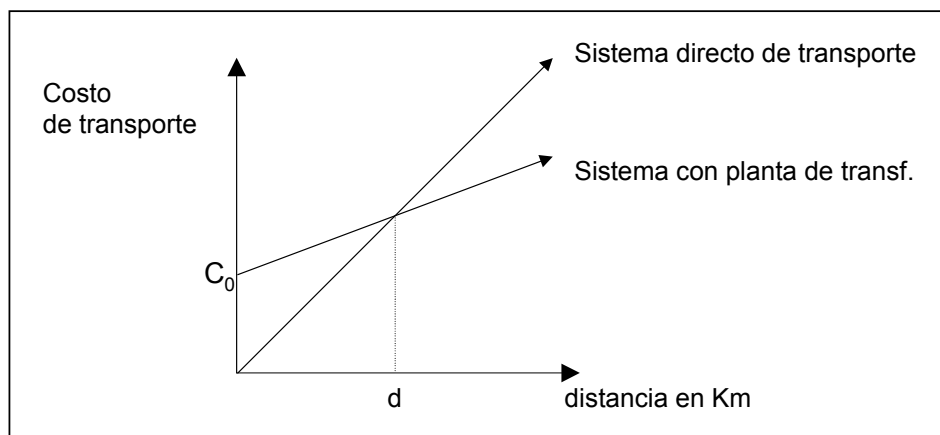


Gráfico 3.2 Justificación de una planta de transferencia

Si es factible en costos de transporte la planta de transferencia, entonces, la evaluación de la planta de transferencia sigue el mismo esquema de localización del relleno sanitario, por lo que intervienen:

- Costos de transporte
- En la determinación de la ubicación del terreno para la planta de transferencia se toma en cuenta la dirección de los vientos dominantes de la zona
- Los usos alternativos de los terrenos de la planta de transferencia
- Los costos de oportunidad de los terrenos aledaños a la planta de transferencia.

El modelo de transporte de programación lineal también puede ser empleado en el caso del transbordo de los RSM, sólo que ahora las fuentes de generación de RSM los destinarían a la planta de transferencia, y de ésta, se transportarían al sitio de disposición final en el que los costos de transporte sean menores (ver gráfico 3.3).

cabecera municipal o sector al posible sitio de la planta de transferencia el transporte se realizaría con los camiones recolectores.

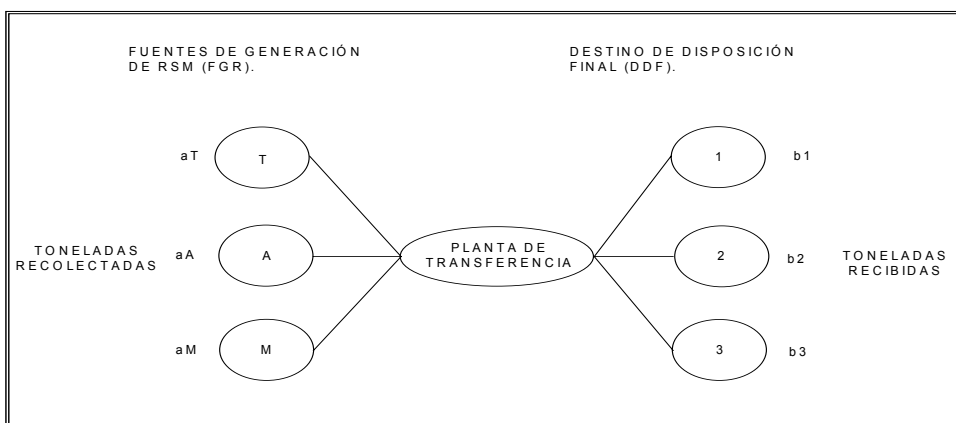


Gráfico 3.3 Fuentes, rutas de transporte y destinos de los RSM, con planta de transferencia

Si las características físicas de factibilidad en las alternativas de terrenos para sitios de disposición final son similares, tales que los montos de inversión, costos de operación y externalidades por la construcción de un relleno sanitario también son similares; entonces el modelo de transporte determina la localización.

2. Tamaño óptimo del sitio de disposición final

Mediante un análisis de sensibilidad, se estudia el efecto de variaciones en una alternativa de tamaño dada, expandiéndola o reduciéndola; para elegir aquel tamaño cuya vida útil tenga menor costo anual equivalente (CAE) (ver gráfico No 3.4).³⁹

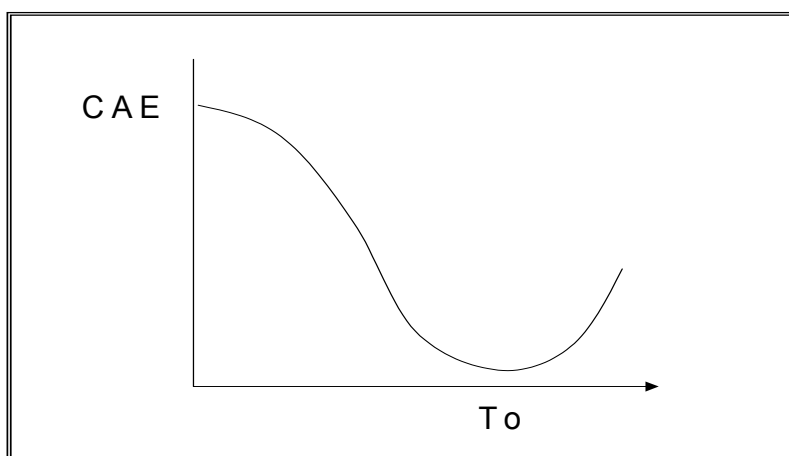


Gráfico 3.4 Tamaño óptimo

CAE =Costo anual equivalente

To =Tamaño óptimo

La vida útil que es determinada por el tamaño del sitio de disposición final según el proyecto de norma oficial mexicana (NOM-084-ECOL-1994), se obtiene de la siguiente fórmula:

$$U=V/(365 \text{ Gt});$$

donde:

U = Vida útil del relleno sanitario, expresado en años

V = Volumen del sitio seleccionado, expresado en m^3

Gt = Volumen ocupado por la cantidad total diaria de RSM a disponer, más la cantidad de material de cubierta demandado para cubrirlos, expresado en $\text{m}^3/\text{día}$.⁴⁰

Esta fórmula al considerar la generación diaria constante no es apropiada para el proyecto, debido a que no toma en cuenta el crecimiento anual de la generación de basura.

Para fin del proyecto, se ha tomado la decisión de encontrar otra forma de obtener la vida útil, por medio del principio de igualdad entre dos volúmenes, calculando la generación acumulada se considera la variación anual para la determinación del área requerida para la disposición final en un tipo de vida útil dado.

Por lo tanto, se aplica este procedimiento con los siguientes datos:

- Considerando un peso volumétrico de $0.60 \text{ ton}/\text{m}^3$
- Por especificación se requiere un 20% adicional al volumen de generación para material de cubierta
- $\text{Volumen}_1 = (\text{área del sitio}) \times (\text{altura del mismo (se recomiendan 7 m)})$
- $\text{Volumen}_2 = (\text{generación acumulada de basura en el año X; (en ton/año)}) \times (1.2/0.6\text{ton}/\text{m}^3)$

40 Según proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-084-ECOL-1994. Secretaría de Gobernación (31). 22 de junio de 1994. p 68

Igualando volúmenes:

(área) X (altura) = (generación acumulada año X) (1.2/0.6 ton/m³)
despejando el área se obtiene:

Área para el año X en m² = (gen. acum. año X) (2 m³ /7ton-m.)

En cada uno de los tamaños del sitio de disposición final habrá diferentes costos de operación; por ello, se identificarán los costos de los recursos humanos y materiales que se ocupan para que opere el relleno sanitario.

3. Número óptimo de sitios para la disposición final.

Su determinación está en función del volumen y concentración de RSM generados en la zona de estudio, así como de los resultados del modelo de transporte. Esto puede dar la posibilidad de tener varios sitios para disposición final, y el número óptimo corresponde al de menor costo.

C. Selección de la mejor alternativa

Se aplica el criterio costo-eficiencia; es decir, elegir la alternativa de menor costo, éstas se comparan con el criterio de evaluación del costo anual equivalente (CAE), ya que las alternativas de proyecto para la disposición final de RSM tendrán diferentes vidas útiles, y se elige aquella cuyo CAE sea el menor.