

## CAPÍTULO V

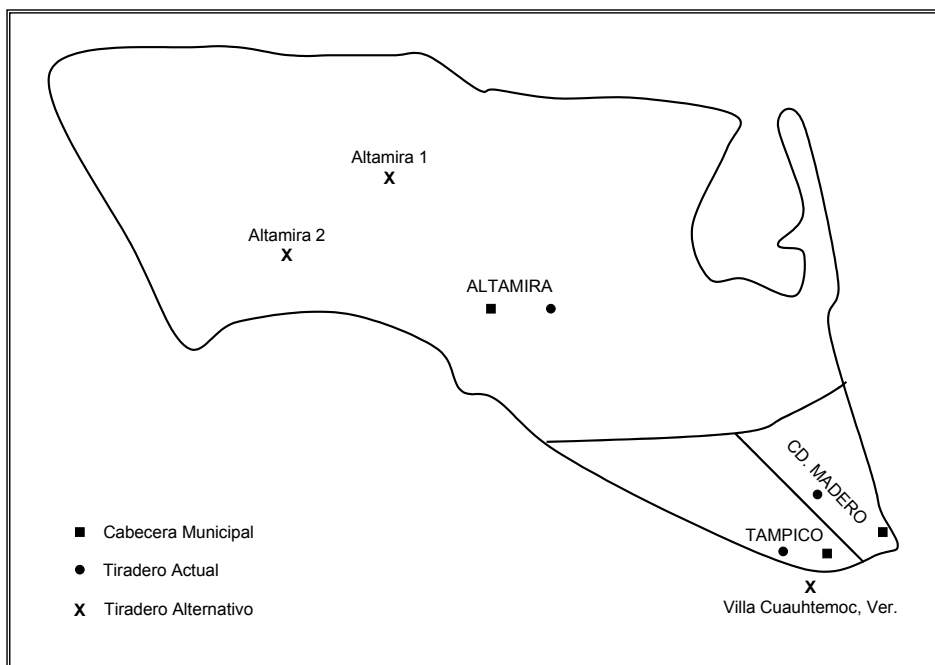
### EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS DE PROYECTO

#### A. Localización óptima

##### 1 Factibilidad de terrenos

Se detectaron tres sitios factibles para la disposición final de los RSM en la ZCTAM:

- Altamira 1 A 14.5 km al noreste de la cabecera municipal de Altamira<sup>45</sup>
- Altamira 2 A 5.5 km al noroeste de la cabecera municipio de Altamira
- Veracruz. A 1.1 km al sur de Madero, en el municipio de Villa Cuauhtémoc, estado de Veracruz (ver mapa no 5.I).



**Mapa 5.1** Ubicación de terrenos propuestos

<sup>45</sup> Las distancias fueron tomadas desde un punto central de las cabeceras municipales hasta cada sitio de disposición final, siguiendo las rutas de acceso más directas.

## a) Cuantificación de los costos de oportunidad

Actualmente, no son utilizados los terrenos que se detectaron como factibles para la disposición final de los RSM de la ZCTAM. Sin embargo, cada uno de ellos tiene cierto uso potencial (dependiendo de la zona en que estén ubicados, ver cuadro No 5.1), que en caso de construir en ellos los rellenos sanitarios, se perdería la oportunidad de usarlos, y para efecto de cuantificar los costos de oportunidad, se considerará el valor de la tierra de mercado para cada uno de ellos (ver cuadro 5.1).

**Cuadro 5.1** Usos y costos de los sitios propuestos para la disposición final (N\$ de marzo de 1995)

Sitios	Altamira 1	Altamira 2	Veracruz
Usos según la zona	Industrial	Agostadero (ganado)	Agostadero (ganado)
Costos	N\$ 25,000/ha.	N\$ 9,200/ha.	N\$ 9200/ha.

Fuente: Departamento técnico de la Comisión de Avalúos de Bienes Inmuebles Nacionales (CABIN), Delegación Noreste.

## b) Depreciación de los terrenos aledaños

Se estima que la construcción y operación de los rellenos sanitarios en los sitios que se proponen para ello, no ocasionan cambio en el valor de los terrenos circundantes, debido a que no se afectan las actividades productivas para las que pueden ser usados, por lo que pueden seguir funcionando normalmente.

En el caso del sitio Altamira 1, se presume que tanto la construcción como la operación, no afectarán a las industrias que se construyan en el futuro, ni a las actividades que se realicen en las construcciones industriales. Para el sitio de Altamira 2, se espera que se tenga el mismo efecto en los terrenos aledaños al sitio, ya que la zona es de agostadero y el pastizaje del ganado puede realizarse durante la construcción y operación del relleno. Y en lo que respecta al sitio del municipio de Villa Cuauhtémoc en Veracruz, se supone el mismo efecto que en el sitio de Altamira 2, ya que el uso de suelo en esas zonas es el mismo.

Estas consideraciones están basadas en que la construcción y operación de los rellenos sanitarios se harán dentro de los lineamientos normativos, que aseguren en lo posible el mínimo impacto negativo al medio ambiente.

### c) Crecimiento de la mancha urbana

De acuerdo con la Versión Abreviada de la Actualización del Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Área Metropolitana del Río Pánuco<sup>46</sup>, en el que se declaran las reservas, usos y destinos del plan director urbano de la ZCTAM, los sitios propuestos para la disposición final no afectan a las zonas en vías de ser pobladas, ya que en el crecimiento de la mancha urbana no se proyecta avance hacia las áreas en que están ubicados los sitios propuestos, ni se establecen usos de habitación en ellas.

## 2. Análisis de costos de transporte y determinación de las alternativas de evaluación

Una vez detectados los sitios posibles para relleno sanitario, se analizan las distancias entre éstos y los municipios mediante el modelo de transporte descrito en la metodología, para verificar la conveniencia de cada combinación de origen-destino (el origen será el punto central geográfico de cada uno), y así elegir la mejor alternativa en términos de costos de transporte como se muestra en los cuadros No 5.3 al 5.5, que llevan implícitos los siguientes costos:

### a) Costos de operación del vehículo de recolección

Este tipo de vehículo efectúa la recolección por la parte trasera, y está equipado con carrocería de 20 yd<sup>3</sup> de capacidad. Las características de operación son las siguientes:

- Capacidad de carga  
 $15\text{m}^3 (0.4 \text{ ton/m}^3) = 6 \text{ ton}$
- Tiempo de transporte por kilómetro  
0,0625 hr. / km
- Costo horario del vehículo de recolección  
N\$91.87 / hr
- Costo por kilómetro  
 $\text{N\$}91.87 / \text{hr} (0.0625\text{hr.} / \text{km}) = \text{N\$}5.74 / \text{km}$

---

46 Según acuerdo Gubernamental de la Declaratoria de Reservas. Usos y Destinos, del Plan Director Urbano del Área Metropolitana de la Desembocadura del Río Pánuco, del estado de Tamaulipas, en Secretaría General de Gobierno (32). 8 de octubre de 1944.

- Costo por kilómetro de cada tonelada  
(N\$5.74/km) / (6ton) = N\$0.9567/ ton km

Externalidades debidas al Proyecto: CGV a los demás usuarios de los caminos de acceso a los sitios de disposición final

La carretera Tuxpan-Tampico conduce desde Tampico y Madero hacia el sitio de disposición final propuesto en el municipio de Villa Cuauhtémoc. La carretera parte del Puente Tampico, que es la vía más directa para cruzar el Río Pánuco desde la ZCTAM (ver mapa NI 5.2). Dicha carretera consta de dos carriles. El tramo de interés tiene aproximadamente 18 km de extensión sobre terreno plano<sup>47</sup>. La superficie de rodamiento se encuentra en buenas condiciones en el tramo que interesa al proyecto, ya que no presenta baches, hundimientos o desniveles que restrinjan el tránsito de los vehículos.

La carretera Tampico-Ciudad Mante conduce desde Tampico y Madero hasta Altamira, y de ahí hacia el sitio de disposición final propuesto al noroeste de la cabecera municipal de Altamira (ver mapa No 5.2). Esta carretera también está construida sobre terreno plano y se encuentra en buenas condiciones en el tramo de interés para el proyecto.

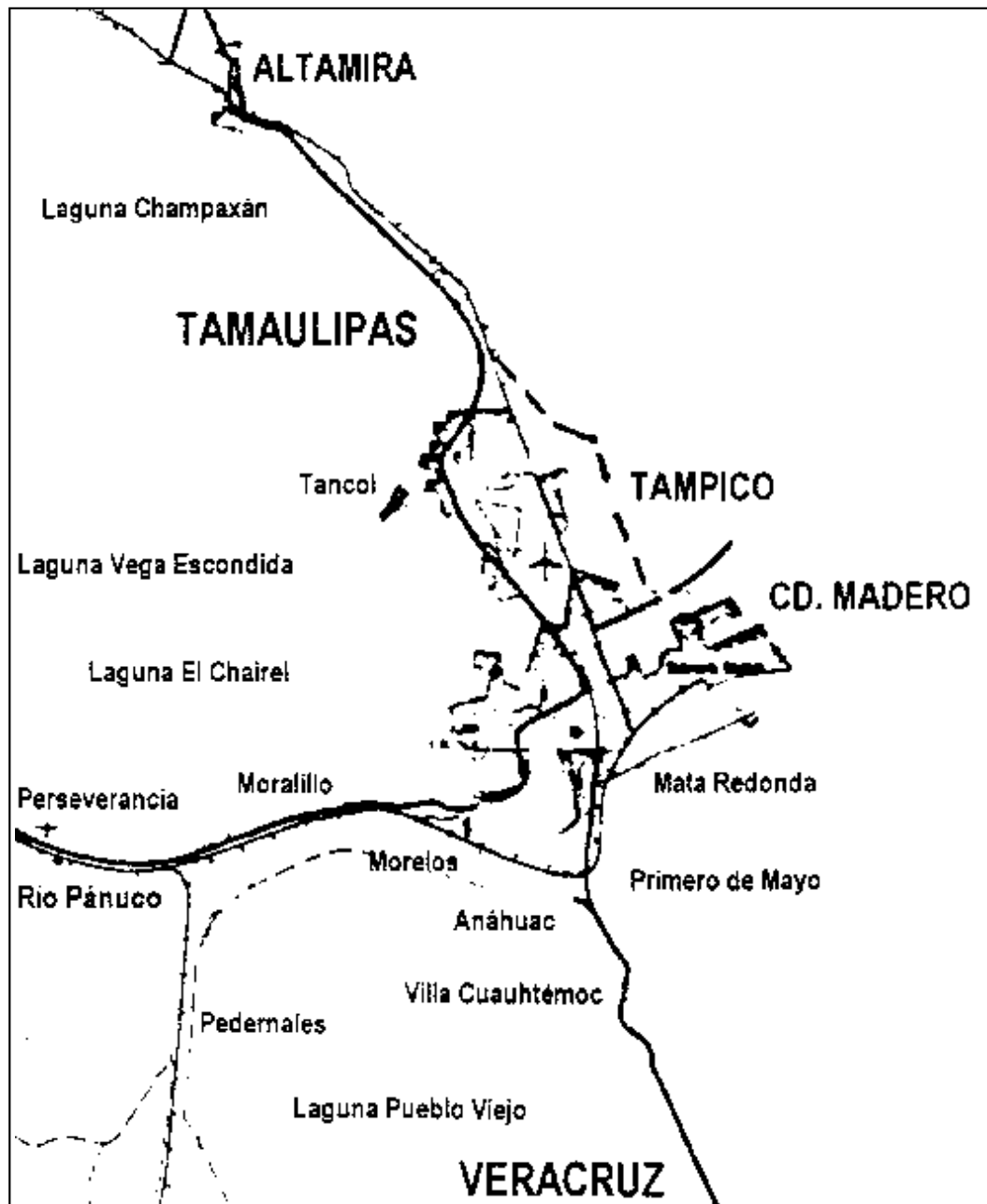
Las dos carreteras presentan un tránsito promedio diario anual que crece al 4% anualmente (ver cuadro No 5.2)<sup>48</sup>. Los vehículos agregados como resultado del proyecto (alrededor de 5, que harían un promedio de 8 viajes por día, distribuidos según la alternativa de la que se trate), representan una proporción poco significativa del incremento anual, y esa proporción irá decreciendo a lo largo del tiempo. Aun así, por tratarse de tracto-camiones, sí existiría un aumento en los CGV de los demás usuarios de las carreteras.

En síntesis, sí se genera, como resultado del proyecto, un incremento a los CGV de los demás usuarios de las carreteras de acceso a los sitios de disposición final, pero éste es poco significativo debido a que los vehículos que agrega son una parte muy reducida del aumento del tránsito promedio diario anual; por lo tanto, se suponen nulos para efectos de la evaluación (ver cuadro 5.2).

---

47 SAHOP (27) clasifica los terrenos en: llano o plano cuando tiene pendientes entre 0 y 2%; ondulado o de lomerío suave cuando tiene pendientes entre 2% y 4%; montañoso cuando tiene pendientes mayores al 4%

48 Según datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, que realizó el aforo en 1991, y que afirma que el tráfico vehicular de las rutas crece a razón del cuatro por ciento anual.



**Mapa 5.2** Carreteras de la zona de estudio

**Cuadro 5.2** Tránsito promedio diario anual en las carreteras de acceso a los sitios de disposición final propuestos (Número de vehículos).

Año	Tránsito promedio diario anual	
	Carr. Tuxpan-Tampico	Carr. Tampico-Cd. Mante
1991	5,439	8,688
1992	5,657	9,036
1993	5,883	9,397
1994	6,118	9,773
1995	6,363	10,164
1996	6,617	10,570
1997	6,882	10,993
1998	7,157	11,433
1999	7,444	11,890
2000	7,741	12,366
2001	8,051	12,860
2002	8,373	13,375
2003	8,708	13,910
2004	9,056	14,466
2005	9,419	15,045
2006	9,795	15,647
2007	10,187	16,272
2008	10,595	16,923
2009	11,018	17,600
2010	11,459	18,304

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Las cifras consideran los dos sentidos de la carretera.

- c) Externalidad por deterioro del camino de acceso al relleno sanitario por agregarle unidades pesadas adicionales

Se consultó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para obtener el dato, pero se carece de él, por lo que este costo no nos fue posible contabilizarlo, debido a que no existe información en el país.

**Cuadro 5.3** Matriz de distancias totales recorridas a los posibles rellenos sanitarios (Viaje redondo en kilómetros)

	Veracruz	Altamira 1	Altamira 2
Tampico	26	57	48
Altamira	58	29	11
Madero	22	60	50

Fuente: Gobierno del estado de Tamaulipas, Plan de Desarrollo urbano para la ZCTAM.  
Nota: Las Distancias fueron tomadas a partir de un punto central de cada municipio.

**Cuadro 5.4** Matriz de costos de transporte por tonelada para las distancias correspondientes (N\$ de marzo de 1995)

	Veracruz	Altamira 1	Altamira 2
Tampico	25.29	54.53	45.92
Altamira	55.91	27.74	10.52
Madero	21.47	57.40	47.84

Fuente: Elaboración propia

Nota. En el caso del relleno sanitario en Veracruz, se considera una tarifa de N\$0.42/ton para el cruce del “Puente Tampico”, suponiendo un acuerdo con SCT.

**Cuadro 5.5** Matriz de transporte de los RSM en la ZCTAM (toneladas diarias generadas y costos por tonelada)

	Veracruz		Altamira 1		Altamira2		Oferta
	Ton.	N \$.	Ton.	N \$.	Ton.	N \$.	
Tampico	479	25.29	479	54.53	479	45.92	479ton.
Altamira	71	55.91	71	27.74	71	10.52	71ton.
Madero	254	21.47	254	57.40	254	47.84	254ton.
<b>Demanda</b>	<b>804ton.</b>		<b>804ton.</b>		<b>804ton.</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Si se quiere analizar con detalle el procedimiento de la obtención de los datos de costos de transporte de los cuadros que al respecto son presentados en este capítulo, se puede consultar el anexo No 6.

Con objeto de minimizar los costos de transporte se recomienda la utilización de una planta de transferencia, de la cual se justifica la factibilidad de su operación, mediante el análisis comparativa de los costos de transporte de los vehículos de recolección vs. los costos de operación y transporte del equipo de transferencia.

d) Costos del equipo de transporte de la planta de transferencia

- Capacidad de carga  
 $57\text{m}^3 (0.350 \text{ ton/m}^3) = 19.95 \text{ ton}$
- Tiempo de transporte por kilómetro  
0.0375 hr/km
- Costo horario del tracto camión  
N\$100.48/hr

- Costo horario del semi-remolque  
N\$38.94/hr
- Costo horario del equipo de transporte de la planta de transferencia  
N\$139.42/hr  
Costo por kilómetro del equipo de transporte de la planta de transferencia N\$139.42/hr (0.0375hr/km) = N\$5.23/km
- Costo por kilómetro de cada tonelada  
(N\$5.23/km)/(19.95 ton) = N\$0.2621/ton/km

e) Costo de operación por tonelada de la planta de transferencia

Los costos de transporte a una determinada distancia son iguales tanto en el caso sin planta de transferencia como para el caso con planta de transferencia, y a partir de dicha distancia en adelante, los costos del equipo de transporte de transferencia se presume tienden a ser menores que los costos de transporte del camión recolectar de carga trasera. Para obtener la distancia de equilibrio entre los costos de Transporte sin y con planta de transferencia, se resuelve la ecuación siguiente:

$$Co + Ct_{tc}/p \cdot d = C_{trs}/p \cdot d$$

donde:

- Co = Costos de operación por tonelada de la planta de transferencia.  
 $Ct_{tc}/p$  = Costos del equipo de transporte de transferencia por tonelada (con planta de transferencia).  
 $C_{trs}/p$  = Costos de transporte por tonelada de los camiones de recolección trasera (sin planta de transferencia).  
D = Distancia en kilómetros.

Sustituyendo la ecuación con los valores respectivos, obtenemos un costo de operación por tonelada de transferencia = N\$15.86/ton<sup>49</sup>

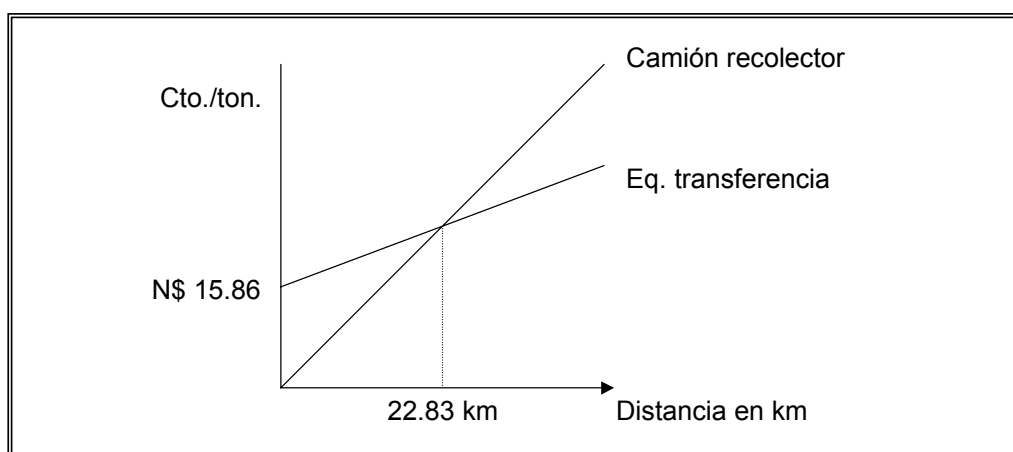
49 Fueron tomados como referencia los costos promedio de transporte de RSM y de operación de la planta de transferencia para el año, de 1994, del equipo propiedad del Sistema Metropolitano para el Procesamiento de los Desechos Sólidos (SIMEPRODE) de la ciudad de Monterrey Nuevo León que actualmente opera tres plantas de transferencia de diferentes capacidades los costos de transporte operación de la planta de transferencia enunciados, llevan implícitos los costos de mantenimiento, de inversión y operación de los equipos de transporte respectivos. Cabe mencionar que mientras menor capacidad tenga la planta de transferencia los costos de operación por tonelada son mayores.



$$\begin{aligned} \text{N\$}15.86/\text{ton} + \text{N\$}0.2621/\text{ton/km d} &= \text{N\$}0.9567/\text{ton d} \\ \text{N\$}15.86/\text{ton} &= \text{N\$}0.9567/\text{ton d} - \text{N\$}0.2621/\text{ton d} \\ \text{N\$}15.86/\text{ton} &= \text{N\$}0.6946/\text{ton d} \\ (\text{N\$}15.86/\text{ton})/(\text{N\$}0.6946/\text{ton}) &= d \end{aligned}$$

$$d = 22.83\text{Km}$$

El resultado de la ecuación anterior, nos indica que a una distancia mayor de 22.83 km viaje redondo, es conveniente la operación de la planta de transferencia, por que se minimizan los costos de transporte (ver gráfico No 5.1).



**Gráfico 5.1** Análisis de factibilidad en costos de transportes de la operación de una planta de transferencia.

La planta de transferencia para los casos que lo ameriten, puede ser ubicada en un lugar al costado del camino de acceso y al final de la mancha urbana con el fin de minimizar costos de transporte, pues si ésta realiza la función única de transbordar los RSM de los camiones recolectores a los semi-remolques de los tractocamiones, sin acumularlos y procurando mantener el lugar limpio, no se guardan olores que molesten a los vecinos ni se generan lixiviados que contaminen los mantos freáticos, por lo tanto no se altera el valor de los terrenos aledaños, al poder desarrollarse normalmente las actividades actuales. El costo de oportunidad de la planta de transferencia es aquel que representa el monto de su inversión.

Ya calculadas las distancias factibles para la construcción de una planta de transferencia y los costos de transporte, es posible aplicar el modelo de transporte a este caso, y compararlo con la matriz de costos de transporte sin planta de transferencia (ver los cuadros No 5.6 al 5.9 y compararlos con los cuadros No 5.3 al 5.5).

**Cuadro 5.6** Matriz de distancias recorridas por camiones recolectores de un punto central de cada municipio al posible sitio de transferencia (distancias en kilómetros)

	Veracruz	Altamira 1	Altamira 2
Tampico	6.8	9.4	9.4
Altamira	1.2	1.4	4.0
Madero	4.0	10.1	10.1

Fuente: Gobierno del estado de Tamaulipas, Plan Subregional de desarrollo urbano para la ZCTAM.

Las distancias mostradas en el cuadro No 5.6, son distancias que tanto en el caso de utilizar planta de transferencia como en el caso sin planta de transferencia, los camiones recolectores tendrían que recorrer. Y se separan de las distancias recorridas por el equipo de transporte de transferencia porque incurren en distintas cantidades de costos; entonces, para verificar si se tiene la distancia factible para operar una planta de transferencia, debe medirse a partir de la planta de transferencia hasta el sitio de disposición final (ver cuadro No 5.7).

**Cuadro 5.7** Matriz de distancias a recorrer del posible sitio de transferencia a los posibles rellenos sanitarios (distancias en kilómetros)

	Veracruz	Altamira 1	Altamira 2
Tampico	19.2	47.6	38.6
Altamira	56.8	27.6	7.0
Madero	18.0	49.9	39.9

Fuente: Gobierno del estado de Tamaulipas; Plan Subregional de desarrollo urbano para la ZCTAM.

Como se puede observar en el cuadro No 5.7, en las alternativas de Tampico-Veracruz, Madero-Veracruz y Altamira1-Altamira2, no conviene la operación de una planta de transferencia porque la distancia entre el posible lugar donde se ubique la planta a la alternativa de disposición final es menor que 22.83 km.

**Cuadro 5.8** Matriz de costos de transporte por tonelada con planta de transferencia (N\$ de marzo de 1995)

	Veracruz	Altamira 1	Altamira 2
Tampico	25.3	37.3	35.0
Altamira	32.3	24.4	10.5
Madero	21.5	38.6	36.0

Fuente: Elaboración propia

\* Se consideran los costos de transporte sin planta de transferencia, por no ser conveniente para estos casos el uso del equipo de transporte de transferencia.

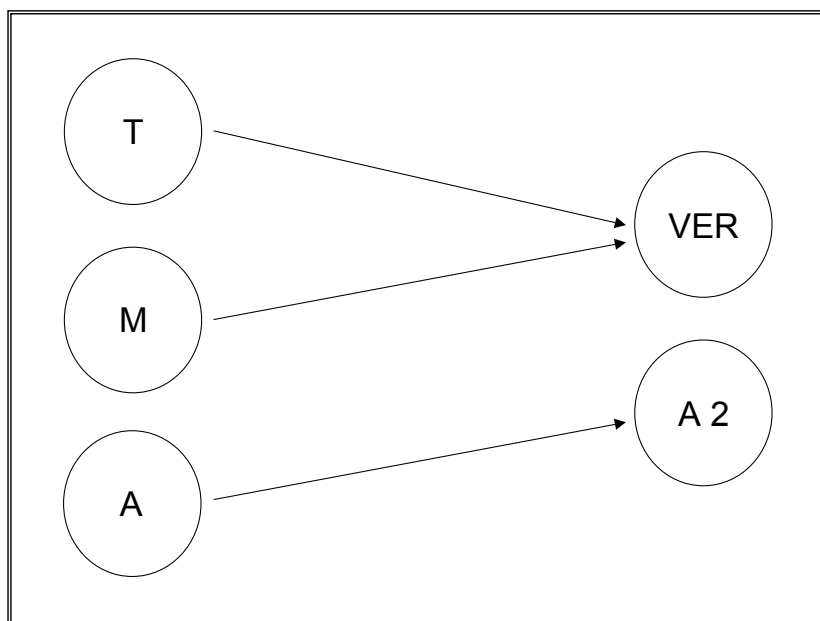
**Cuadro 5.9** Tabla de transporte de los RSM en la ZCTAM con planta de transferencia (Toneladas diarias generadas y costos por tonelada).

	Veracruz		Altamira 1		Altamira2		Oferta
	Ton.	N \$.	Ton.	N \$.	Ton.	N \$.	
Tampico	479	25.29	479	37.33	479	34.97	479ton.
Altamira	71	32.32	71	24.43	71	10.52	71ton.
Madero	254	21.47	254	38.60	254	35.98	254ton.
Demanda	804ton.		804ton.		804ton.		

Fuente: Elaboración propia.

Como no existen cambios en el liderazgo de la generación de RSM en el posible tiempo de vida del proyecto, ni aumentos significativos en los costos de transporte por las externalidades provocadas por el proyecto, no es necesario realizar el modelo de transporte para cada año; por lo que con el primer año se puede determinar la mejor alternativa en términos de costos de transporte.

Según el modelo de transporte, la alternativa Altamira 1 se descarta por los altos costos de transporte en los que incurre y, además, el terreno tiene características físicas similares a la alternativa Altamira 2, entonces, el modelo de transporte puede ser determinante de las alternativas a evaluar; por lo que es más conveniente que para los municipios de Tampico y Madero se realice la disposición final de los RSM en el municipio de Villa Cuauhtémoc, Veracruz- y la de Altamira en el terreno Altamira 2, ya que es en la que se generan los menores costos de transporte. A esta alternativa la denominamos “alternativa 1”(ver diagrama No 5.1).



**Diagrama 5.1** Alternativa 1.

Donde:

T = Tampico

M = Madero

A = Altamira

VER = Sitio de disposición final en Veracruz

A2 = Sitio de disposición final en la alternativa 2 de Altamira

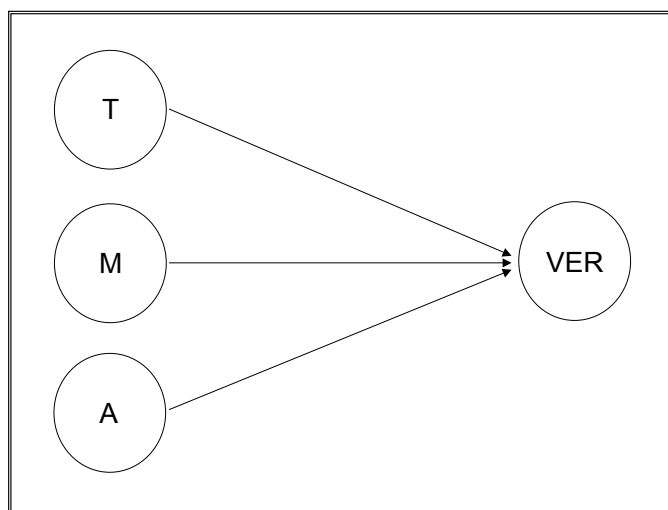
Con esta alternativa 1 se incurriría en los costos anuales de transporte presentados en el cuadro No 5.10.

**Cuadro 5.10** Costos de transporte anuales para la alternativa 1 (miles de N\$).

Año	Tampico Veracruz	Madero Veracruz	Altamira Altamira 2	Costo de Transporte
1995	2,213	996	136	3,345
1996	4,423	2,024	276	6,723
1997	4,419	2,057	280	6,756
1998	4,416	2,091	285	6,792
1999	4,412	2,125	290	6,827
2000	4,408	2,160	294	6,862
2001	4,413	2,186	311	6,910
2002	4,418	2,213	329	6,960
2003	4,424	2,240	348	7,012
2004	4,429	2,267	368	7,064
2005	4,434	2,294	389	7,117
2006	4,440	2,322	412	7,174
2007	4,445	2,350	435	7,230
2008	4,450	2,378	460	7,288
2009	4,455	2,407	487	7,349

Fuente: Elaboración propia

Para verificar si el ahorro en costos de transporte que proporcionaría esta alternativa respecto al resto, es mayor que los costos de instalar dos rellenos sanitarios, se evalúa una segunda alternativa: Los tres municipios lleven sus RSM hasta el sitio ubicado en Veracruz (ver diagrama No 5.2).



**Diagrama 5.2** Alternativa 2

donde:

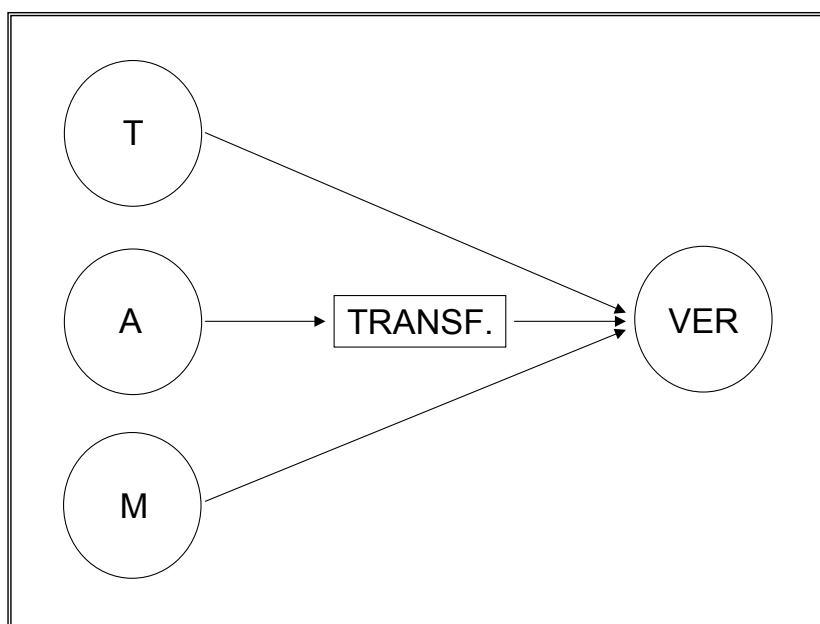
T = Tampico

M = Madero

A = Altamira

VER = Sitio de disposición final en Veracruz

Ya que la distancia para el municipio de Altamira en la alternativa 2 es mayor que 22.83 km viaje redondo (ver cuadro No 5.7), es conveniente considerar en ese municipio la instalación de una planta de transferencia con el propósito de reducir los costos de transporte generados en la alternativa (comparar cuadros No 5.4 y 5.8). Esta pasa a ser la nueva alternativa 2 (ver diagrama No 5.3).



**Diagrama 5.3 Nueva alternativa 2**

donde:

T = Tampico

M = Madero

A = Altamira

VER = Veracruz

TRANSF = Planta de transferencia

La alternativa 2 incurriría en los costos de transporte anuales presentados en el cuadro No 5.11.

**Cuadro 5.11** Costos de transporte anuales para la alternativa 2.

Año	Tampico Veracruz	Madero Veracruz	Altamira Veracruz Con planta de Transferencia	Costo de Transporte
1995	2,213	277	417	2,907
1996	4,441	563	847	5,851
1997	4,419	572	861	5,852
1998	4,416	581	875	5,872
1999	4,412	591	890	5,893
2000	4,408	601	904	5,913
2001	4,413	635	956	6,004
2002	4,418	672	1,011	6,101
2003	4,424	711	1,070	6,205
2004	4,429	751	1,131	6,311
2005	4,434	795	1,196	6,425
2006	4,440	840	1,265	6,545
2007	4,445	889	1,338	6,672
2008	4,450	940	1,415	6,805
2009	4,455	994	1,496	6,945

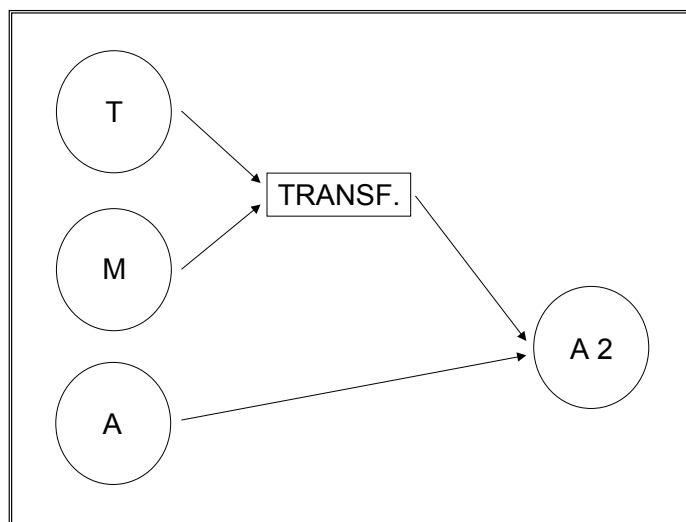
Fuente: Elaboración propia.

Según el modelo de transporte, la mejor alternativa en términos de costos de transporte es la alternativa 1. Sin embargo, la proposición de esta alternativa puede verse limitada por posibles problemas de gestión, ya que implica la autorización del estado de Veracruz y del municipio de Villa Cuauhtémoc, que de alguna forma debe ser compensado el uso de sus tierras para el relleno sanitario de la ZCTAM.

Le corresponde realizar la labor de gestión a las autoridades de los municipios involucrados; no obstante, previendo que no sea posible utilizar el sitio propuesto en Veracruz, se propone una tercera alternativa que supla a la número I:

- Que los tres municipios lleven sus RSM hasta Altamira 2, que es la siguiente alternativa para relleno sanitario más conveniente en costos de transporte según el modelo (ver cuadro No 5.8).

Esta nueva alternativa presenta para los municipios de Tampico y Madero distancias mayores a 22.83 kilómetros viaje redondo, por lo que se justifica proponer una planta de transferencia con el propósito de ahorrar costos, (ver diagrama No 5.4). Esta alternativa muestra el costo que tendría para el país la falta de coordinación gubernamental.



**Diagrama 5.4 Alternativa 3**

donde:

T = Tampico  
 M = Madero  
 A = Altamira  
 TRANSF = Planta de transferencia  
 A2 = Sitio de disposición final en la alternativa 2 de Altamira

Los costos de transporte anuales en los que incurriría esta alternativa 3 serían los presentados en el cuadro No 5.12.

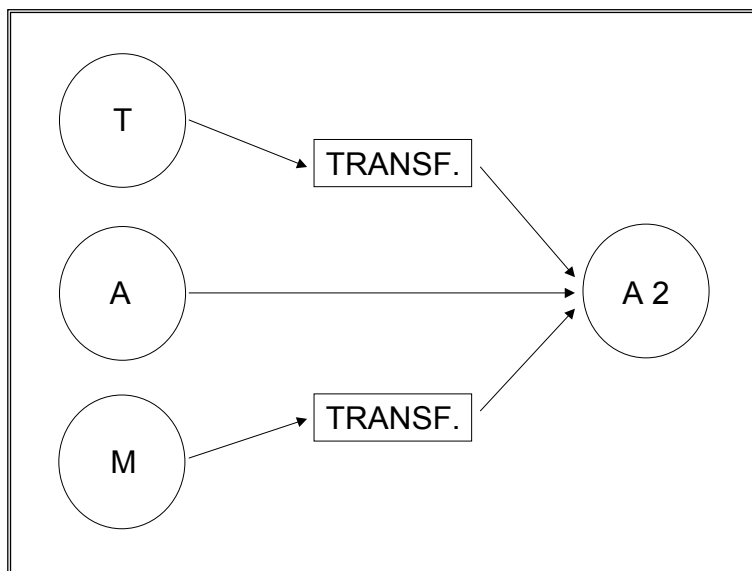


**Cuadro 5.12** Costos de transporte anuales para la alternativa 3.

Año	Tampico-Altamira2 Con planta de transferencia	Madero-Altamira2 Con planta de transferencia	Altamira Altamira2	Costo de Transporte
1995	3061	1669	136	4866
1996	6116	3392	276	9784
1997	6111	3448	280	9839
1998	6106	3504	285	9895
1999	6100	3562	290	9952
2000	6095	3620	294	10009
2001	6102	3664	311	10077
2002	6110	3708	329	10147
2003	6117	3753	348	10218
2004	6124	3798	368	10290
2005	6131	3844	389	10364
2006	6139	3891	412	10442
2007	6146	3938	435	10519
2008	6153	3985	460	10598
2009	6161	4034	487	10682

Fuente. Elaboración propia.

De esta alternativa 3 puede darse una variación, dando origen a la alternativa 4: que los tres municipios ubiquen los sitios de disposición final en el sitio Altamira 21 contemplando una planta de transferencia para cada uno de los municipios de Tampico y Madero (ver cuadro No 5.12 y diagrama No 5.5).



**Diagrama 5.5** Alternativa 4

donde:

T = Tampico

m = Madero

A = Altamira

TRANSF = Transferencia

A2 = Altamira 2

En la alternativa 4 se incurrirían en los costos de transporte anuales presentados en el cuadro No 5.12, que son los mismos para la alternativa 3 en este caso.

## B. Valoración de los costos de las alternativas

De acuerdo al análisis de sensibilidad (ver anexo No 8) se determinó que la vida útil que proporciona menores costos anuales equivalentes es de ocho años<sup>50</sup>. Para esa vida útil, se evaluaron las cuatro alternativas, cuyos resultados se muestran en los cuadros No 5.13 al 5.16.

**Cuadro 5.13** Costos anuales equivalentes de la alternativa 1 (miles de N\$ de marzo de 1995).

Concepto	Vida útil	Total anual
Dos Rellenos Sanitarios	8 años	12,227
Transporte	8 años	6,088
Externalidades		
Situación Optimizada		
Total		18,315

Fuente: Elaboración propia

50 Los cálculos relativos a la vida útil y a todos los costos que intervienen en la obtención de los CAE's pueden consultarse en el anexo No 6. El cálculo de la vida útil de la superficie necesaria se hicieron suponiendo que el relleno sanitario emplee la técnica de área, debido a las características de la zona, según lo analizado en el capítulo 4

**Cuadro 5.14** Costos anuales equivalentes de la alternativa 2 (miles de N\$ de marzo de 1995).

Concepto	Vida útil	Total anual
Un relleno para los tres municipios	8 – 15 años	10,048
Planta de Transferencia para Altamira	15 años	2,149
Transporte	15 años	5,280
Externalidades		
Situación Optimizada		
Total		17,513

Fuente. Elaboración propia

**Cuadro 5.15** Costos anuales equivalentes de la alternativa 3 (miles de N\$ de marzo de 1995).

Concepto	Vida útil	Total anual
Un relleno para los tres municipios	8 años	10,048
Planta de Transferencia para Tampico-Madero	8 años	4,043
Transporte	8 años	8,869
Externalidades		0
Total		22,996

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5.16** Costos anuales equivalentes de la alternativa 4 (miles de N\$ de marzo de 1995).

Concepto	Vida útil	Total anual
Un relleno para los tres Municipios	8 años	10,084
Planta de Transferencia para Tampico	8 años	3,329
Planta de Transferencia para Madero	8 años	2,791
Transporte	8 años	8,869
Externalidades		0
Situación Optimizada		0
Total		25,073

Fuente. Elaboración propia.

Como puede advertirse, la alternativa que minimiza los costos sociales de la disposición final es la número 2; es decir, que Tampico, Altamira y Madero depositen sus RSM en Villa Cuauhtémoc.

Al no contar con un proyecto ejecutivo, en la elaboración de los presupuestos de las plantas de transferencia y los rellenos sanitarios, se tomaron los lineamientos mínimos de diseño establecidos en los proyectos de las normas NOM-083-ECOL1994 y NOM-084-ECOL-1994, así como dimensionamientos y costos de diferentes propuestas de empresas que participaron en la licitación para la concesión del manejo de los RSM en la ZCTAM. Tales costos son aproximados, ya que este estudio se presenta a nivel perfil.

Se elaboraron presupuestos para plantas de transferencia y rellenos sanitarios, considerando diferentes opciones en la operación de los mismos, según los requerimientos de cada alternativa.

Los presupuestos consideraron dos etapas, la de inversión (obra civil, equipamiento, maquinaria, estudios) y la de operación y mantenimiento.

En las diferentes opciones de presupuestos se consideraron los siguientes aspectos:

- Basura manejada
- Terrenos (dimensionamiento)
- Maquinaria y equipo necesario
- Obra civil

Los montos de la inversión para la operación y mantenimiento se consideraron variables y se determinaron en relación con las toneladas promedio diarias de RSM por manejar.

Los principales rubros que intervinieron en el cálculo de los CAE's se presentan en los cuadros No 5.17 a 5.19 (ver anexo No 7).

**Cuadro 5.17** Costos de inversión de un relleno sanitario para los tres municipios (vida útil en años y miles de N\$ de marzo de 1995).

Concepto	Cant.	Unidad	P.U.	Importe	Vida útil
Terreno (800 x 806.13)	64.49	ha	9.2	593.308	15
Estudio impacto ambiental	1	lt	125.0	125.0	15
Estudios topográficos geodésicos hidráulicos	64.5	Ha	6.6	425.0	15
Proyecto ejecutivo	1	lt	100.0	100.0	15
Compactador caterpillar	1	Pza	800.0	800.0	7
Bulldozer cat.	2	Pza	880.0	1,760.0	7
Trascavo cat.-963	1	Pza	722.0	722.0	7
Cargador frontal cat-936	2	Pza	600.0	1,200.0	7
Camión pipa 8000 lts	1	Pza	146.5	146.5	7
Camión de volteo	1	Pza	140.5	140.5	7
Camioneta 3.5 ton	2	Pza	60.0	120.0	7
Caseta de peaje y básculas	1	lt	400.0	400.0	7
Tanque de diesel 20,000 lts	1	pza	28.0	28.0	15
Tanque de agua 20,000.00 lts	1	pza	15.0	15.0	15
Taller de mantenimiento	1	lote	70.0	70.0	15
Caminos exteriores	500	m	0.8	400.0	15
Caminos interiores	800	m	0.6	480	15
Cerca perimenteral	6,745.7	M <sup>2</sup>	0.035	236.1	15
Area administrativa	50	M <sup>2</sup>	1.2	60.0	15
Servicios sanitarios	15	M <sup>2</sup>	1.2	18.0	15
Almacén y cobertizo	120	M <sup>2</sup>	1.1	132.0	15
Caseta de vigilancia	6	M <sup>2</sup>	1.2	72.0	15
Señalamientos	1	lt	1.7	1.7	15
Equipo contra incendios	1	1	3.0	3.0	1
Instalación eléctrica hidráulica	1	lt	247.0	247.0	15
<b>Total</b>				<b>8,300.0</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5.18** Costos de operación y mantenimiento de un relleno sanitario para los tres municipios (miles de N\$ de marzo de 1995).

Concepto	Gastos	
	Mensual	Anual
Sueldos (personal)	74.9	
Costos variables, consumos, (combustible, aceite, llantas)	84.3	
Obras de biogas, obras de lixiviados, drenajes e impermeabilización	46.8	
Movimiento de tierras (10,189 m <sup>3</sup> ) (N\$20.00)	203.8	
Costos fijos (seguro, placas, tenencias)	23.4	
<b>Total</b>	<b>433.2</b>	<b>5198.9</b>

Para los siguientes años se considera un incremento promedio anual de 8% de los gastos de operación y mantenimiento.

Convirtiendo todo en anualidad se tiene: (a una tasa del 18%)

1,630,151 Costos de operación y mantenimiento.

3,000 Costos de equipo contra incendio

8,109,244 Costos de inversión

341,686 Costos de renovación de equipo y ampliación del relleno

N\$ 10,084,081 que es el CAE del relleno sanitario.

Un resumen de los CAE de las diferentes alternativas de plantas de transferencia y rellenos sanitarios en la ZCTAM, puede observarse en el cuadro No 5.19.

**Cuadro 5.19** Resumen de los CAE para distintas combinaciones de rellenos sanitarios y plantas de transferencia(miles de N\$ de marzo de 1995)

Caso No.	Obra	Vida útil	Monto de inversión	Municipios	CAE's
1	Planta de Transferencia	15 años	4,931.5	T	3,669.6
2	Planta de Transferencia	15	4,225.5	M	3,051.5
3	Planta de Transferencia	15	3,517.5	A	2,306.4
4	Planta de Transferencia	15	6,331.5	T-M	4,467.7
5	Planta de Transferencia	15	6,331.5	T-M-A	4,819.2
6	Planta de Transferencia	8	4,931.5	T	3,329.4
7	Planta de Transferencia	8	4,225.5	M	2,791.4
8	Planta de Transferencia	8	3,517.5	A	2,148.5
9	Planta de Transferencia	8	6,331.5	T-M	4,043.5
10	Planta de Transferencia	8	6,331.5	T-M-A	4,333.1
11	Relleno Sanitario	15	9,646.0	T-M-A	10,574.0
12	Relleno Sanitario	15	9,432.4	T-M	10,072.5
13	Relleno Sanitario	15	5,520.2	A	3,501.4
14	Relleno Sanitario	8/15	8,300.0	T-M-A	10,084.1
15	Relleno Sanitario	8/15	8,179.2	T-M	9,194.1
16	Relleno Sanitario	8/15	5,221.2	A	3,033.3

Fuente: Elaboración propia.

T = Tampico

M = Madero

A = Altamira