

Estaciones de  
transferencia  
de residuos  
sólidos en  
áreas urbanas

M. en C. Julia Carabias Lillo  
*Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca*

Ing. Gabriel Quadri de la Torre  
*Presidente del Instituto Nacional de Ecología*

**Coordinación general de esta obra:**

Ing. Jorge Sánchez Gómez  
Ing. Ricardo Estrada Nuñez

**Elaboración y recopilación:**

Ing. Cristina Ramos Cortéz  
D.I. Rubén Carmona Morales  
Ing. Paz Cano Leal  
Ing. Inés Semadeni Mora

Primera edición: julio de 1996

El cuidado de esta edición estuvo a cargo  
de la Coordinación de Participación Social  
y Publicaciones del Instituto Nacional de Ecología

ISBN

© Instituto Nacional de Ecología  
Av. Revolución 1425, nivel 39  
Col. Tlacopac, C.P. 01040  
México, D.F.

*Impreso y hecho en México*

## CONTENIDO

### PRÓLOGO

### INTRODUCCIÓN

#### 1. GENERALIDADES

- 1.1 Ciclo de los residuos sólidos
- 1.2 Sistemas de transferencia
- 1.3 Justificación económica de una estación de transferencia
- 1.4 Tipos de estaciones de transferencia
- 1.5 Infraestructura del sistema de transferencia en la ciudad de México

#### 2. DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

- 2.1 Localización geográfica
- 2.2 Características socioeconómicas
- 2.3 Indicadores de generación de residuos sólidos
- 2.4 Estructura vial
- 2.5 Integración de información

#### 3. METODOLOGÍA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

- 3.1 Criterios para definir la región factible donde ubicar una estación de transferencia
- 3.2 Criterios de evaluación para sitios probables
- 3.3 Ejemplo práctico para el emplazamiento de una estación de transferencia

#### 4. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA

- 4.1 Modelo de colas o líneas de espera
- 4.2 Planteamiento del modelo
- 4.3 Ejemplo de aplicación

#### 5. PARÁMETROS DE DISEÑO

- 5.1 Vialidades exteriores
- 5.2 Vialidades interiores
- 5.3 Zona de descarga de residuos sólidos
- 5.4 Zona de carga
- 5.5 Servicios generales
- 5.6 Obras complementarias
- 5.7 Controles ambientales

#### 6. SELECCIÓN Y REVISIÓN DEL EQUIPO DE TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE

- 6.1 Selección del equipo de transferencia y transporte
- 6.2 Análisis de descarga del equipo
- 6.3 Equipo de hidrolavado

#### 7. IMPACTO AMBIENTAL

- 7.1 Delimitación del área de estudio
- 7.2 Características del medio físico
- 7.3 Características del medio biótico
- 7.4 Características del medio socio-económico
- 7.5 Métodos para la cuantificación de parámetros
- 7.6 Métodos para la cuantificación del medio ambiente físico
- 7.7 Métodos para la cuantificación del medio biótico
- 7.8 Métodos para la cuantificación del medio socio-económico
- 7.9 Identificación y evaluación de los impactos ambientales
- 7.10 Descripción de los impactantes ambientales

- 7.11 Descripción del escenario ambiental modificado
- 7.12 Medidas de mitigación
- 7.13 Recomendaciones

## 8. MONITOREO AMBIENTAL

- 8.1 Definiciones de monitoreo ambiental
- 8.2 Criterios de monitoreo
- 8.3 Técnicas y normatividad empleada
- 8.4 Metodología
- 8.5 Caso práctico
- 8.6 Tratamiento de la información
- 8.7 Comentarios finales

## 9. ANÁLISIS DE COSTOS

- 9.1 Estudios preliminares
- 9.2 Proyecto ejecutivo
- 9.3 Costos de construcción
- 9.4 Equipamiento
- 9.5 Costos de operación y mantenimiento
- 9.6 Resumen de costos
- 9.7 Indicadores de costos

**Querido Armando:**

Tu inolvidable presencia en  
nuestras vidas y durante  
nuestro tiempo, alimenta y  
le da vida a tu recuerdo.

*Te Extrañamos*

Sirva este humilde trabajo  
para honrar tu memoria.

**Jorge**

## **PROLOGO**

Como Presidente de la Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A. C., me complace presentar este significativo trabajo, titulado: "Estaciones de Transferencia de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas"; el cual reúne todo un cúmulo de experiencia técnico-operativas y atinadas recomendaciones ingenieriles; así como novedosos conceptos de planeación para la toma de decisiones, resultado de muchas horas de reflexión y análisis; que integrados en dicho trabajo, constituye un acervo de conceptos y conocimientos sumamente interesantes y de obligada consulta, para quien pretende adentrarse en cualquiera de los temas relacionados con las Estaciones de Transferencia. Es por ello que seguramente, esta obra no solamente aportará elementos para contar con mejores y más eficientes instalaciones de transferencia de residuos sólidos municipales, sino que también, será un importante apoyo para el desarrollo del sector de aseo urbano en nuestro país y América Latina.

**Ing. Jorge Sánchez Gómez**

## INTRODUCCION

Una estación de transferencia de residuos sólidos municipales, se define como el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el transbordo de dichos residuos, de los vehículos recolectores a vehículos de carga en gran tonelaje, para transportarlos hasta los sitios de destino final. El concepto ingenieril más puro de cualquier estación de transferencia, pretende privilegiar sistemáticamente, los aspectos de rentabilidad y eficiencia. Sin duda alguna, el objetivo fundamental de una estación de transferencia, es incrementar la eficiencia global de los servicios de manejo de los residuos sólidos municipales, a través de la economía que se logra con la disminución del costo general de manejo, así como por la reducción en los tiempos de transporte y la utilización intensiva de los equipos y el recurso humano.

Las estaciones de transferencia, contrario a lo que normalmente se piensa, no son infraestructura propia del modernismo actual; ya que presentan un concepto que siempre ha acompañado al ser humano en su desarrollo. De hecho, se sabe que las primeras estaciones de transferencia que existieron en suelo mexicano, fueron 5 puestos o sitios comunitarios, declarados por orden del Virrey Márquez de Villamanrique, como Centros de Acumulación de Desechos, según ordenanza de 11 de septiembre de 1589, para que de manera oficial, la población pudiera depositar la basura generada en sus hogares, que después era trasladada a los sitios de disposición final, ubicados en esa época en lo que ahora es la Delegación Iztapalapa, mediante carretones municipales jalados por mulas. Los puestos de transferencia, se ubicaron en lo que ahora es el Centro Histórico de la Cd. de México, incluso uno de ellos se encontraba en las inmediaciones de lo que ahora es el Palacio de Bellas Artes y la Calzada del Calvario, ahora Av. Juárez.

Se tiene noticia que las primeras estaciones de transferencia, diseñadas técnicamente y construidas ingenierilmente, fueron de tipo marítimo y aparecieron en la ciudades de Nueva York y Lisboa; así mismo, fueron pioneras las estaciones ferroviarias de París y Sao Paulo. En el inicio de este siglo se encontraban estaciones de transferencia marítimas en Río de Janeiro, donde también se empleaba el tranvía como transporte suplementario.

Es a partir de este siglo, que el empleo de estas instalaciones se torna cada vez más frecuente en las grandes capitales mundiales, por el acelerado crecimiento poblacional que registraron en esa época. Posteriormente, cuando aparecen los primeros vehículos motorizados, estas instalaciones entran en desuso, para irrumpir nuevamente en el escenario de los servicios de aseo urbano a partir de los años 50's, sobre todo en los 60's y particularmente en la región de América Latina una década después; debido fundamentalmente al éxodo de la población rural hacia los centros urbanos, que a la fecha, ha convertido a no pocas capitales latinoamericanas, en las ciudades con mayor población a escala mundial (v.b. Zona Metropolitana de la Cd. de México y el Gran Sao Paulo). Esta situación, ha provocado que en los E.U.A. existan alrededor de 200 estaciones de transferencia y que tan solo en la Cd. de México, se hallan construido 13 instalaciones de este tipo, entre 1970 y 1993.

Ahora bien, es difícil establecer a manera de receta, cuando es necesario contar con una estación de transferencia; sin embargo, casi es posible afirmar sin temor a equivocarse, que todas las ciudades con más de 1 millón de habitantes requieren este tipo de instalaciones, aunque justo es decir que se registran casos de centros habitacionales con mucho menos población, que también las demandan. Es por esta razón y debido a que en la actualidad, por lo menos en América Latina, el fenómeno de conversión de la población rural en urbana, aún se sigue manifestado, haciendo cada vez más grandes y más poblados los centros urbanos y alejado cada vez más los sitios de disposición final de los centros donde se generan los residuos, que la necesidad de contar con estaciones de transferencia bien planeadas, adecuadamente ubicadas, técnicamente bien diseñadas y construidas y también, eficientemente operadas; requiere cada vez de mayor atención.

Es imprescindible entonces, tener los procedimientos, metodologías, herramientas de planeación y diseño, así como los programas de vigilancia, control y monitoreo ambiental; que permitan contar con instalaciones de transferencia de residuos sólidos municipales como las antes descritas, de manera que la inversión que implica este tipo de infraestructura, sea debidamente canalizada y aprovechada.



## I. GENERALIDADES

---

### 1.1 Ciclo de los residuos sólidos

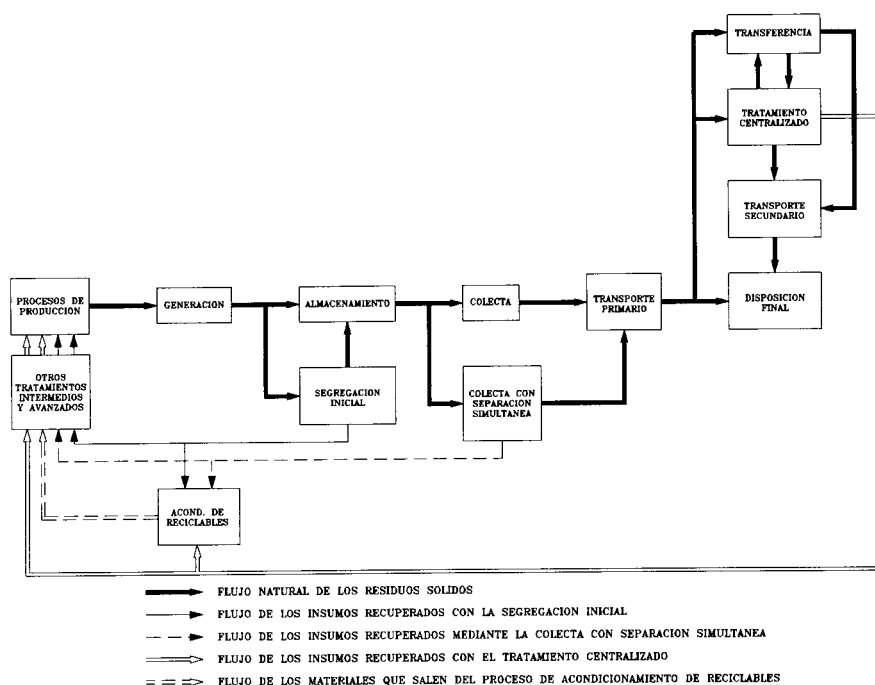
La población y las autoridades municipales interactúan de manera estrecha dentro del ámbito de los residuos sólidos, la primera participa en las etapas de comercialización, generación y almacenamiento, las cuales establecen una demanda de los servicios de aseo urbano, limitando su participación al almacenamiento temporal en las diversas fuentes generadoras, para, posteriormente entregar sus residuos sólidos a los vehículos recolectores. La participación ciudadana no ha encontrado los caminos para iniciar una nueva etapa en el manejo de los residuos sólidos, esto debido a la falta de programas concretos de participación que complementen la operación conjuntamente con las autoridades.

Las autoridades participantes presentan los servicios que la población demanda proporcionando la recolección, barrido manual, barrido mecánico, estaciones de transferencia, transporte, sitios de disposición final, así como también fortalecer la implementación de sistemas de tratamiento de residuos sólidos, en los que una alternativa atractiva sería la concesión de este tipo de infraestructura debido a los altos costos de operación que requieren.

La creciente demanda del servicio ha originado un constante incremento en la infraestructura, con la que se está en posibilidades de prestar el servicio a la población. Otra variable que ha afectado considerablemente es que con el tiempo, la ubicación de la infraestructura requerida tiende a alejarse, por lo que es conveniente se realice una planeación regional integral con perspectivas a largo plazo que posibilite el fortalecimiento, en todas sus etapas, de la infraestructura para el manejo de los residuos sólidos.

Los residuos sólidos conforman un ciclo (figura 1.1), el cual considera todas las etapas dentro del manejo de los mismos y definen el ámbito de competencia de la población y las autoridades.

**Figura 1.1**  
**Ciclo de los residuos sólidos**



Todas las etapas antes mencionadas se encuentran estrechamente vinculadas, lo cual hace imprescindible realizar una planeación involucrando cada una de estas etapas. La descripción genérica que los identifica y caracteriza se describe a continuación:

**a) Generación**

Se refiere a la acción de producir una cierta cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos, en un cierto intervalo de tiempo.

**b) Almacenamiento**

Es la acción de retener temporalmente los residuos sólidos, en tanto se recolectan para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

**c) Segregación inicial**

Es el proceso de separación que sufren los residuos sólidos en la misma fuente generadora, antes de ser almacenados.

**d) Recolección**

Es la acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos dentro de los equipos destinados a conducirlos a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

**e) Recolección con separación simultánea**

Es el proceso mediante el cual se lleva a cabo la recolección segregada en el mismo vehículo de los residuos sólidos.

También se identifica con la actividad de recolectar los residuos sólidos de manera integrada, pero separándolos en ruta.

**f) Transporte primario**

Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos recolectados en las fuentes de generación hacia los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

**g) Transferencia**

Es la acción de transferir los residuos sólidos de las unidades de recolección, a los vehículos de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de los mismos a un menor costo, con lo cual se logra una eficiencia global del sistema.

*h) Tratamiento centralizado*

Es el proceso que sufren los residuos sólidos para hacerlos reutilizables, se busca darles algún aprovechamiento y/o eliminar su peligrosidad, antes de llegar a su destino final.

La transformación puede implicar una simple separación de subproductos reciclables, o bien, un cambio en las propiedades físicas y/o químicas de los residuos.

*i) Transporte secundario*

Se refiere a la acción de trasladar los residuos sólidos hasta los sitios de disposición final, una vez que han pasado por las etapas de transferencia y/o tratamiento.

*j) Disposición final*

Es el confinamiento permanente de los residuos sólidos en sitios y condiciones adecuadas, para evitar daños a los ecosistemas y propiciar su adecuada estabilización.

*k) Acondicionamiento de reciclables*

Es el proceso que sufren exclusivamente los materiales reciclables, para darles un valor agregado que incremente el precio de su venta, o bien que los acondicione para un aprovechamiento posterior.

*l) Otros tratamientos intermedios y avanzados*

Son procesos que permiten darle un aprovechamiento a los residuos sólidos, principalmente para producir diferentes tipos de energéticos e insumos comerciales.

## **1.2 Sistemas de transferencia**

El propósito de los sistemas de transferencia es recibir los residuos sólidos de vehículos recolectores para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad y así ser transportados a la planta de tratamiento o al sitio de disposición final, estos grandes vehículos suelen ser camiones, vagones de ferrocarril o barcos.

En la actualidad el sistema de transferencia para residuos sólidos municipales se está volviendo una instalación necesaria en las grandes ciudades, debido al continuo alejamiento de los sitios de tratamiento y de disposición final.

Los trailers de transferencia generalmente transportan una carga útil aproximada de 20-25 toneladas de residuos, y reciben un promedio de cinco a seis vehículos recolectores. Las principales ventajas que presenta un sistema de transferencia se describen a continuación:

- Disminución de los costos globales de transporte y de horas improductivas de mano de obra empleada en la recolección.
- Reducción del tiempo improductivo de los vehículos de recolección en su recorrido al sitio de disposición final.
- Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores.
- Incremento en la eficiencia del servicio de recolección, por medio de una cobertura más homogénea y balanceada en las rutas de recolección.
- Mayor regularidad en el servicio de recolección, debido a la disminución de desperfectos de ejes, muelles, suspensiones y llantas que sufrían al transitar hasta el sitio de disposición final.
- Reducción en la contaminación ambiental.
- Se reducen las afectaciones a la salud pública.

## **1.3 Justificación económica de una estación de transferencia**

### *1.3.1 Integración de los costos requeridos para la justificación económica*

Para la evaluación técnico-económica de una estación de transferencia, es necesario determinar los siguientes costos:

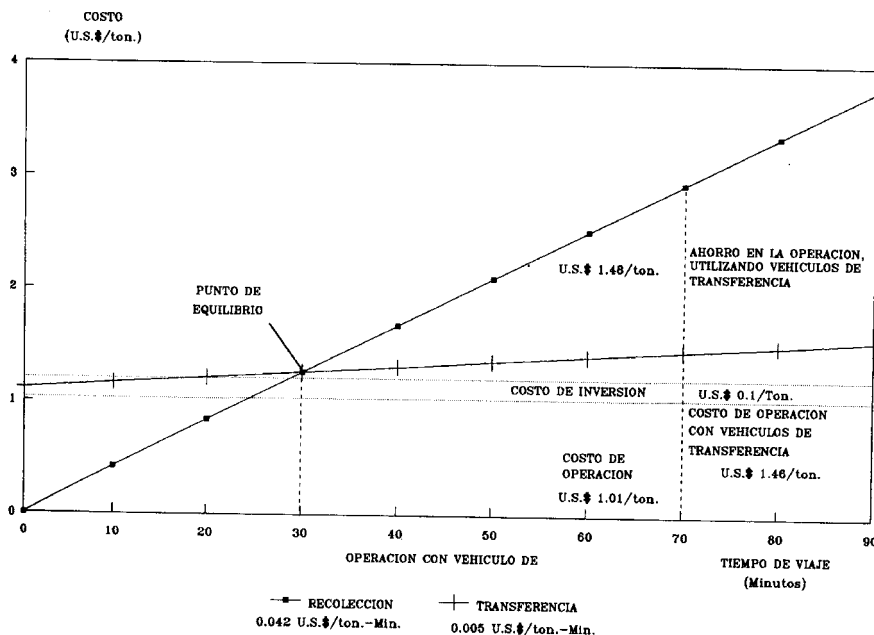
- Costo de operación del equipo de recolección que incluye los cargos fijos de consumo y de personal.
- Costo de operación del equipo de recolección ..... 0.042 U.S.\$/ton-min
- Costo de operación del equipo de transporte y transferencia, que considere los cargos fijos, de consumo y de personal.
- Costo de operación del equipo de transferencia .....005 U.S.\$/ton-min
- Costos fijos de la estación de transferencia, que sólo tomen cuenta, los costos de inversión de la instalación.
- Costo de inversión de la estación de transferencia.....0.1 U.S.\$/ton
- Costos variables de la estación de transferencia, que incluyen exclusivamente al personal que la opera.
- Costo de operación de la estación de transferencia .....01 U.S.\$/ton

Con estos valores se construyó la gráfica que se presenta en la figura 1.2., de la cual es posible concluir lo siguiente:

- El punto de equilibrio de la gráfica, el cual establece el tiempo de transporte a partir del cual debe considerarse la posibilidad de contar con una estación de transferencia, se ubicó sobre los 30 minutos, tiempo máximo aceptable para que un vehículo recolector realice un viaje de "ida-vuelta" hasta el relleno sanitario. Por otro lado, según estimaciones promedio un vehículo recolector realiza aproximadamente 1.5 viajes por turno dependiendo de la ruta de recolección que tenga asignada hasta el relleno sanitario. Considerando lo anterior, queda plenamente justificada la necesidad de contar con una estación de transferencia de residuos sólidos municipales, para la zona de estudio.

Ahora bien, si se toma un valor promedio de 1 hora y 10 minutos para un viaje de "ida-vuelta" de cualquier vehículo recolector sin considerar la estación de transferencia, la operación con vehículos de recolección está costando actualmente alrededor de 2.94 U.S. \$./ton; valor que se vería reducido en 1.48 U.S. \$/ton mediante el empleo de la citada estación, ya que su operación costaría 1.4 U.S. \$/ton; lo cual significa un ahorro de US \$2,905 por día para la situación actual que implica un manejo de 1,963 ton/día.

**Figura 1.2**  
**Determinación de la necesidad de contar con una estación de transferencia**



Finalmente, se debe mencionar que no solamente debe dársele importancia a la reducción en costo y tiempo que se puede lograr con una estación de transferencia, ya que este tipo de instalaciones cuando son bien planeadas y operadas generan una serie de bondades complementarias, de entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- El tiempo no-productivo de los vehículos de recolección se reduce, ya que estos vehículos no transitan de ida y vuelta al sitio de disposición final.
- Cualquier reducción en el kilometraje recorrido por los vehículos de recolección, origina un ahorro en los costos de operación.
- El costo de mantenimiento que se aplique a los vehículos de recolección, puede reducirse cuando estos vehículos no transiten más al sitio de disposición final, ya que muchos de los daños a suspensiones, ejes y llantas ocurren en los sitios de disposición final.
- El periodo de vida útil de los vehículos se incrementa, puesto que la flotilla de recolección estará transitando por calles y caminos, generalmente en buenas condiciones, amén de efectuar un trabajo más ligero al no transitar con carga hasta el sitio de disposición final.

#### **1.4 Tipos de estaciones de transferencia**

Las estaciones de transferencia han ido surgiendo a nivel mundial debido a la problemática de la recolección de basura y a partir del análisis costo-beneficio ya que se observó que los costos de recolección se elevaban y los tiempos que se hacían hacia el sitio de disposición final eran muy grandes y no se cubrían las necesidades de recolección a la población. Entonces se pensó en las Estaciones de Transferencia para que los vehículos recolectores se concentraran y depositaran los residuos en otros vehículos de mayor capacidad y estos son los que irían al sitio de disposición final.

Han surgido diferentes maneras de vertir los residuos a las transferencias, las cuales también han ido mejorando por las necesidades y experiencias obtenidas en los diferentes países del mundo.

A continuación se enuncian y describen tres tipos de los más prácticos y comunes.

- Estaciones de descarga directa
- Estaciones de descarga indirecta
- Estaciones combinadas (carga directa y carga indirecta)

##### *1.4.1 Estaciones de descarga directa*

El sistema de transferencia de descarga directa consiste en el transbordo de los residuos sólidos de los vehículos recolectores mediante vaciado por gravedad a un trailer descubierto, con una capacidad que varía de 20 a 25 toneladas. Este tipo de estaciones recibe a los vehículos recolectores, los cuales son registrados y pesados, posteriormente se dirigen a las rampas de acceso del patio de maniobras donde se ubican las líneas de servicio, las cuales cuentan con un número determinado de servidores (tolvas), que descargan los residuos al vehículo de transferencia. Paralelamente los vehículos de transferencia se colocan en el patio de carga, una vez llenos, se realiza el despunte para posteriormente colocar la lona que cubre los residuos y no se dispersen en el traslado al sitio de disposición final.

Estas estaciones tienen la característica de no almacenar los desechos, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de los recolectores, por lo que si el recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia para recibir los residuos, el camión debe esperar hasta la llegada de un vehículo vacío.

La falta de equipamiento provoca filas de recolectores en la estación en las horas "pico", así como una mayor demanda de vehículos de transferencia. Sin embargo, las estaciones de descarga directa son construidas preferentemente debido a su simplicidad y bajo costo de inversión (figura 1.3).

##### *1.4.1.1 Características del diseño*

Taller

Oficinas

Jardines

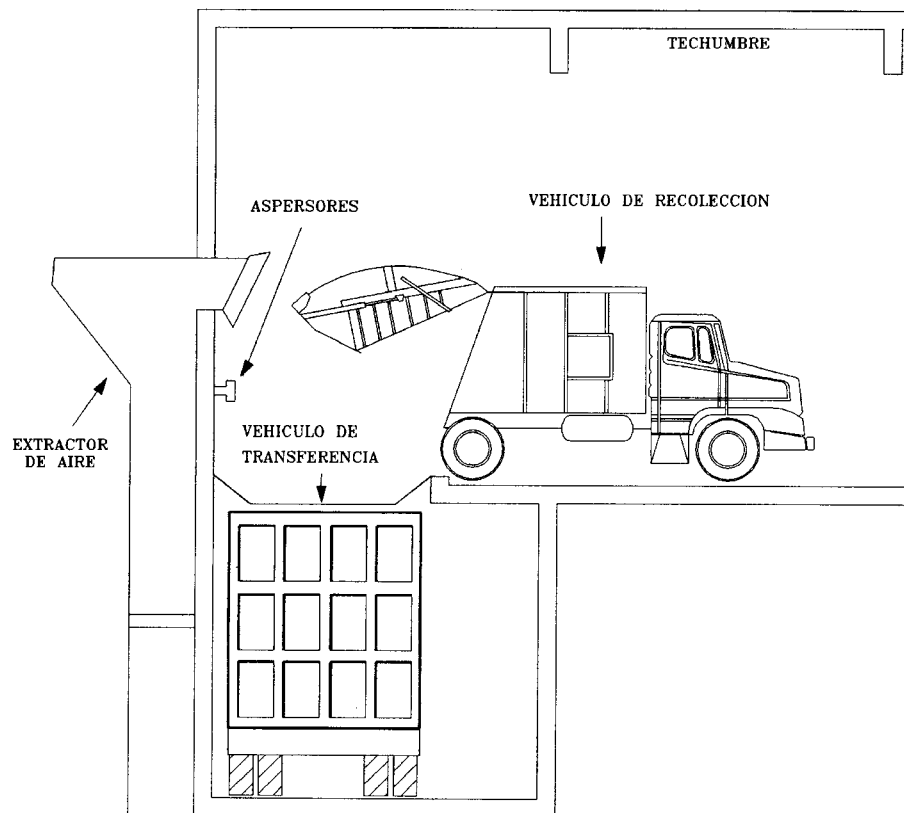
Básculas

Acceso de recolectores

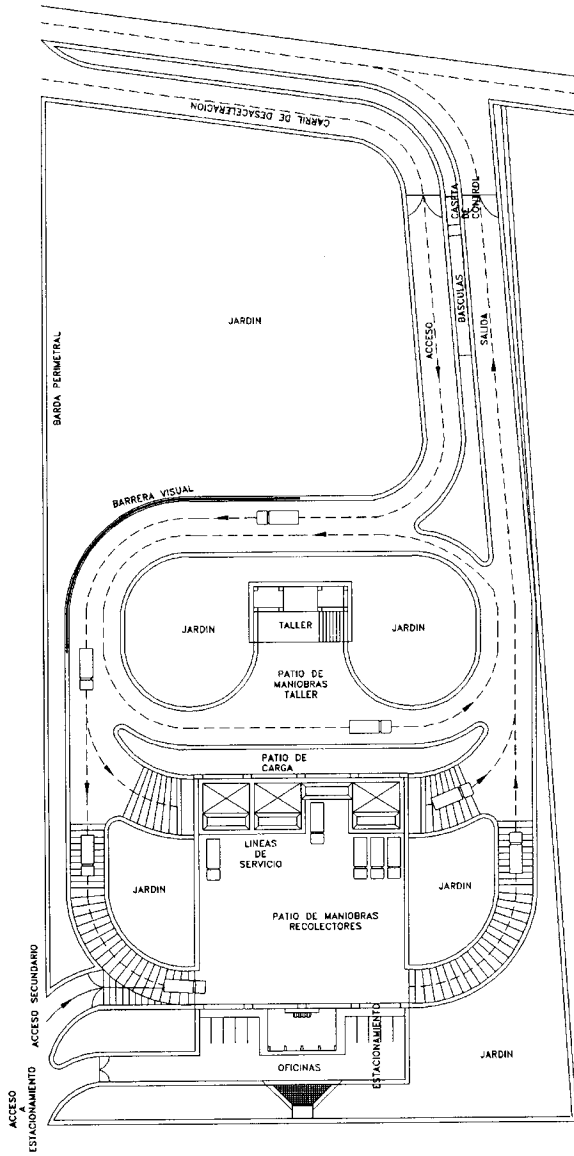
Patio de maniobras de vehículos

Techumbre de lamina de asbesto	recolectores
Líneas de servicio con cuatro servidores (tolvas)	Salida de recolectores
Aspersores de agua para el control de polvos en las tolvas	Acceso de vehículos de transferencia
Sistemas de ventilación mecánica	Patio de maniobras de vehículos de transferencia
Caseta de control	Estacionamiento de vehículos de transferencia
	Área de despunte de vehículos de transferencia
	Salida de vehículos de transferencia

**Figura 1.3**  
**Transbordo de residuos sólidos en estaciones de "descarga directa"**



**Figura 1.5**  
**Planta de conjunto tipo de estaciones**  
**de transferencia con descarga directa**



#### 1.4.1.2 Equipo empleado

Equipo de recolección	Equipo de transferencia
- Carga lateral rectangular	- Tractocamiones caja abierta
- Carga lateral tubular	- c/mecanismo de descarga por medio
- Carga trasera	- de cadenas o piso móvil
- Volteo	
- Minirecolector	
- Contenedores	
- Redilas	

#### 1.4.2 Estaciones de descarga indirecta

En estas estaciones de transferencia la descarga de residuos de los vehículos de recolección se realiza a una fosa de almacenamiento o sobre una plataforma donde posteriormente los residuos son cargados en los vehículos de transferencia con equipos auxiliares.

Los camiones recolectores son registrados y pesados en básculas computarizadas, posteriormente, éstos se dirigen a la plataforma para vertir los residuos a la fosa, regresando después a la báscula donde son pesados nuevamente; con esto se obtiene la cantidad de residuos transferidos.

Los residuos son removidos de la fosa con grúas de almeja o cargadores frontales o con tractor de hoja topadora a las cajas de transferencia, las cuales son movidas por un montacargas a la zona de despunte, posteriormente es enganchada al tractocamión que la transportará al sitio de disposición final. En este tipo de instalación los vehículos recolectores nunca tienen que esperar para descargar los residuos transportados.

Regularmente en Estados Unidos y Canadá se utilizan sistemas de carga indirecta y como medida de seguridad se incluye el sistema de carga directa el cual es utilizado en caso de falla del equipamiento que atiende la fosa. Adicionalmente este tipo de instalaciones cuentan con áreas destinadas al acopio de subproductos reciclables.

Los usuarios menores llevan separados los subproductos reciclables para depositarlos en los diferentes contenedores de vidrio, metales, papeles, cartón y plástico, disminuyendo de esta forma el pago por el servicio de transferencia. Posteriormente pasan a la báscula con el resto de los residuos donde son pesados inicialmente antes de ser vertidos en la fosa, una vez realizado esto los vehículos retornan a las básculas para ser pesados y con esto calcular la tarifa que pagará el usuario, la operación de este sistema se presenta en la figura 1.4.

##### 1.4.2.1 Características del diseño

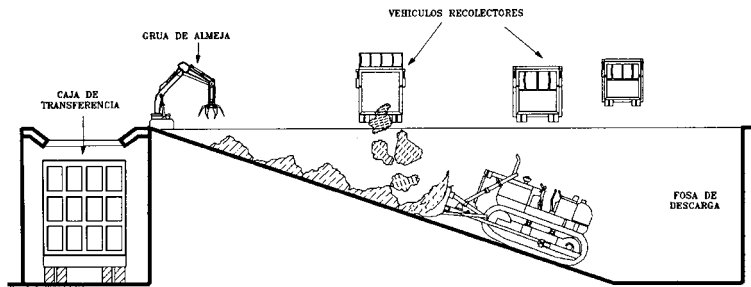
- Fosa principal cuenta con 20 líneas de descarga simultánea	- Básculas
- Diseño especial de vías de seguridad en el borde de la fosa	- Taller
- Aspersores de agua para el control de polvos en la fosa	- Oficinas
- Sistema de ventilación mecánica	- Jardines
- Techumbre del patio de descarga	- Caseta de control
- Rampa de acceso de vehículos recolectores	- Estacionamiento de cajas de transferencia
- Patio de maniobras de vehículos recolectores	- Área de despunte de cajas de transferencia
- Rampa de salida de vehículos recolectores	- Estacionamiento de tractocamiones



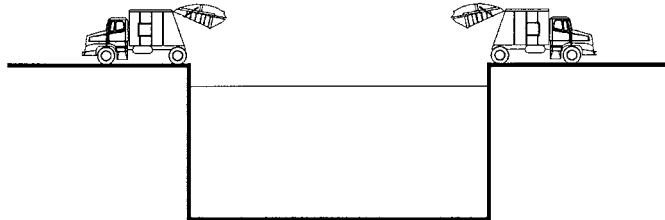
- Salida de vehículos de transferencia

Lo anterior se puede apreciar en la figura 1.8

**Figura 1.7**  
**Transbordo de residuos sólidos**  
**en estaciones de descarga directa**

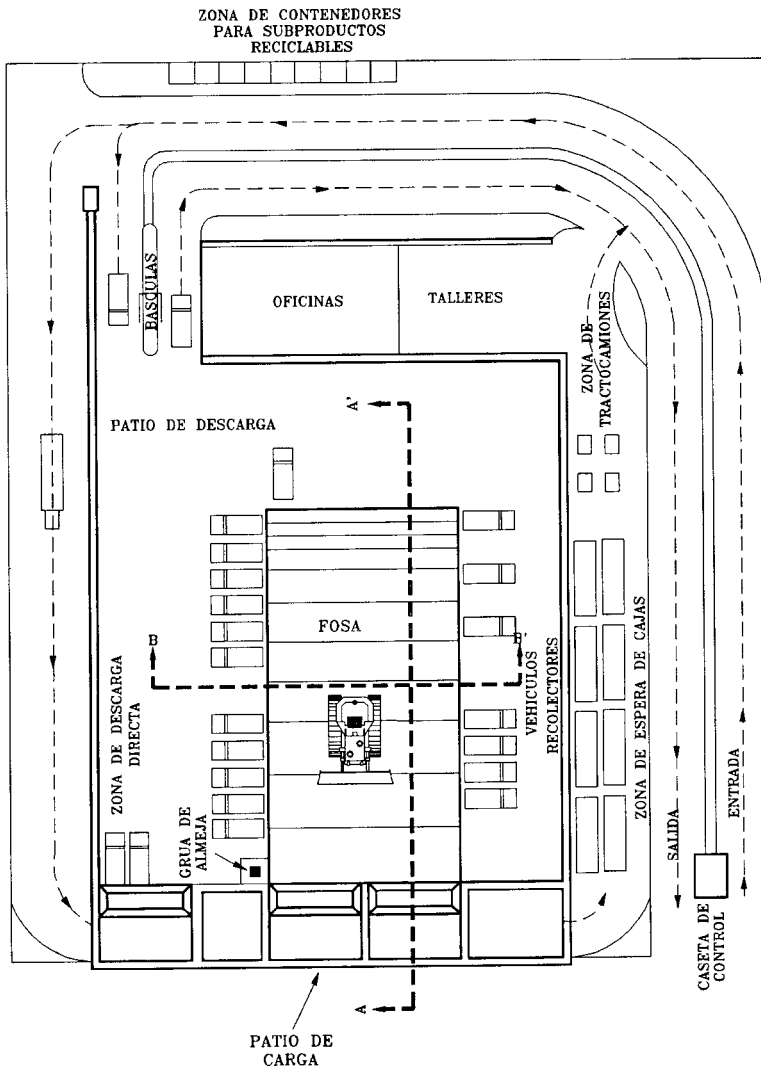


CORTE A - A'



CORTE B - B'

**Figura 1.8**  
**Planta de conjunto tipo de estaciones**  
**de transferencia con descarga indirecta**



#### 1.4.2.2 Equipo empleado

Equipo de recolección	Equipo de transferencia
- Carga trasera	- Tractocamiones
- Carga frontal	- Cajas de transferencia abiertas
- Contenedores	c/mecanismos de descarga por medio de cadenas y piso móvil
- Automóviles particulares	- Grúas
	- Cucharón de almeja
	- Tractores con hoja topadora
	- Cargadores frontales
	- Monta cargas

### 1.5 Infraestructura del sistema de transferencia en la ciudad de México

Uno de los principales problemas que enfrentan cotidianamente las grandes ciudades es la prestación de los servicios públicos. Referente al manejo de los residuos sólidos generados por los habitantes de la Ciudad de México.

Ante esta situación y debido a la necesidad de fortalecer y hacer eficientes los servicios para el control de los residuos sólidos, es imprescindible contar con la infraestructura idónea que posibilite en el corto plazo, el mejoramiento y la uniformidad de tales servicios en todo el Distrito Federal. Parte fundamental de dicha infraestructura, son las estaciones de transferencia.

En la actualidad en la Ciudad de México existen 13 estaciones de transferencia ubicadas en las delegaciones:

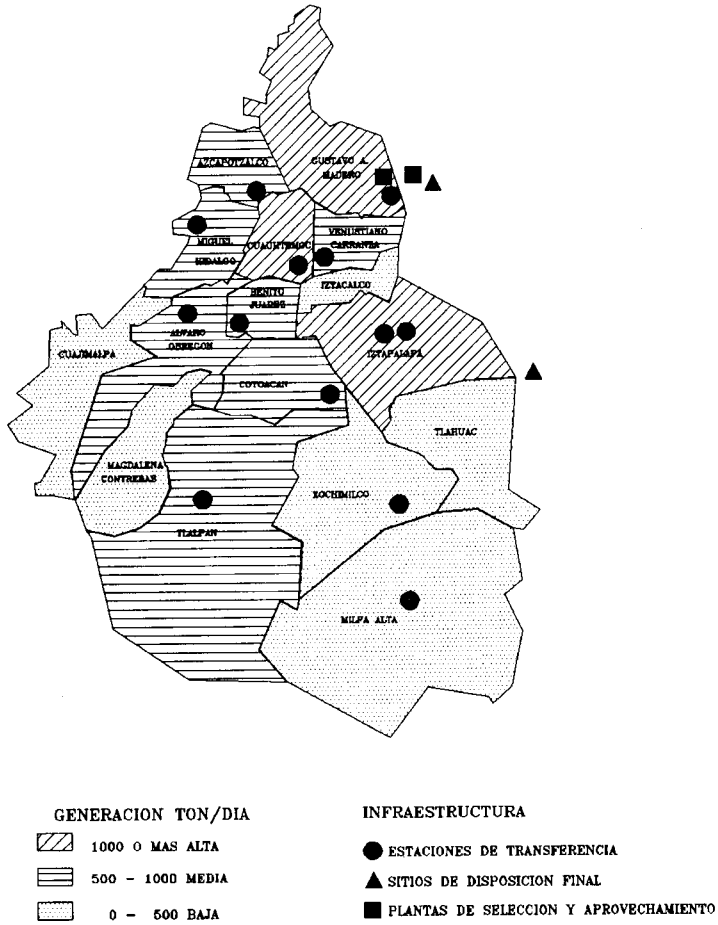
Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Iztapalapa (Central de Abastos I y II), Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco.

Las cuales fueron diseñadas y construidas tomando en cuenta criterios ecológicos para el control de ruido, polvos, partículas suspendidas, entre otros.

Por ello las nuevas estaciones y las ya existentes son cerradas, con paredes acústicas y sistemas hidroneumáticos para el lavado y riego, así como equipos de control de calidad ambiental interior.

Este nuevo concepto involucra elementos constructivos tales como carril de desaceleración, carril de encolamiento, muros acústicos, techumbre, sistema de aspersores, extractores de aire con filtros especiales, talleres, oficinas, con estos componentes es posible garantizar una eficiente operación de estas estaciones.

**Figura 1.9**  
**Sistema de transferencia en el Distrito Federal**



## 2. DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

---

### 2.1 Localización geográfica

Con el fin de llevar a cabo un análisis geográfico preciso, es conveniente contar con toda la información general del Estado, Municipio, Localidad o Delegación, en la cual se prevea la necesidad de ubicar una o varias estaciones de transferencia, para lo anterior se debe delimitar el área de estudio con toda precisión anotando las diversas fronteras físicas o naturales que la confinan y calcular así la superficie.

Adicionalmente, se debe considerar la información referente al plan de desarrollo existente, en el que se autoriza el uso de suelo, así como se definen las zonas aptas para el crecimiento urbano dimensionándolo, lo que permitirá prever zonas para la futura ubicación de infraestructura relacionada con los residuos sólidos.

Es conveniente contar con información topográfica de la región en estudio, esto con la finalidad de establecer las elevaciones, así como las características naturales o artificiales de la zona.

Como información complementaria se contará con los principales datos climáticos:

- × Climas predominantes
- × Temperatura promedio
- × Temperatura máxima absoluta
- × Temperatura mínima absoluta
- × Precipitación pluvial
- × Humedad relativa

### 2.2 Características socioeconómicas

Dentro de este rubro se zonifica el área de estudio de acuerdo al nivel de ingresos de la población con su respectiva densidad de población. Resulta importante mencionar que esta información permitirá inferir la población por núcleo económico, con lo que se obtendrá la tasa de Generación de Residuos Sólidos.

Para lograr lo anterior, es necesario realizar proyecciones de población, las cuales son herramientas imprescindibles en la planificación de cualquier obra. El disponer de estimaciones futuras del volumen y distribución espacial de la población, permite el orientar esfuerzos y recursos hacia lugares bien localizados para satisfacer las necesidades de los servicios y prever que durante su vida útil cuenten con la funcionalidad necesaria. Estas son las causas de una confiable y amplia información demográfica de la zona en estudio.

### 2.3 Indicadores de generación de residuos sólidos

El incremento tan acelerado de la generación de residuos sólidos y la gran diversidad de materiales que componen los residuos sólidos, demanda una mayor cobertura del sistema, así como nuevas alternativas de tratamiento, nuevos equipos y tecnología, con la finalidad de establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden el nivel de vida de la población. Para lograr esto es necesario conocer las características cualitativas y cuantitativas intrínsecas de los residuos.

La actividad económica de cada región encuentra su equivalente en la forma de usar el espacio urbano y su posterior apropiación, en la mejor acepción del término. Es decir, existe una clara relación entre la economía de la ciudad y la forma y función que ésta adquiere. Los polos y corredores económicos, las zonas de residencia, los flujos y desplazamientos, los sistemas de comunicación, etc., están estrechamente vinculados entre sí, para reproducir un modelo de desarrollo que pone a prueba la eficiencia de la ciudad.

Para la obtención de los indicadores básicos de los residuos sólidos, se deben realizar una serie de estudios de generación de acuerdo a la metodología establecida en Normas Oficiales Mexicanas, y en el Manual Técnico para Muestreos de Generación elaborado por la Dirección General de Servicios Urbanos del Departamento del Distrito Federal.

### 2.3.1 Clasificación de fuentes generadoras

Las fuentes generadoras se clasifican en función de las actividades particulares que en ellas se desarrollan, las cuales dan origen a residuos sólidos que presentan cierta semejanza en cuanto a sus características intrínsecas, lo cual permite contar con indicadores que orienten a las diversas alternativas para su manejo, control y aprovechamiento.

En la figura 2.1 se presenta la clasificación para las diversas fuentes de generación de residuos sólidos municipales.

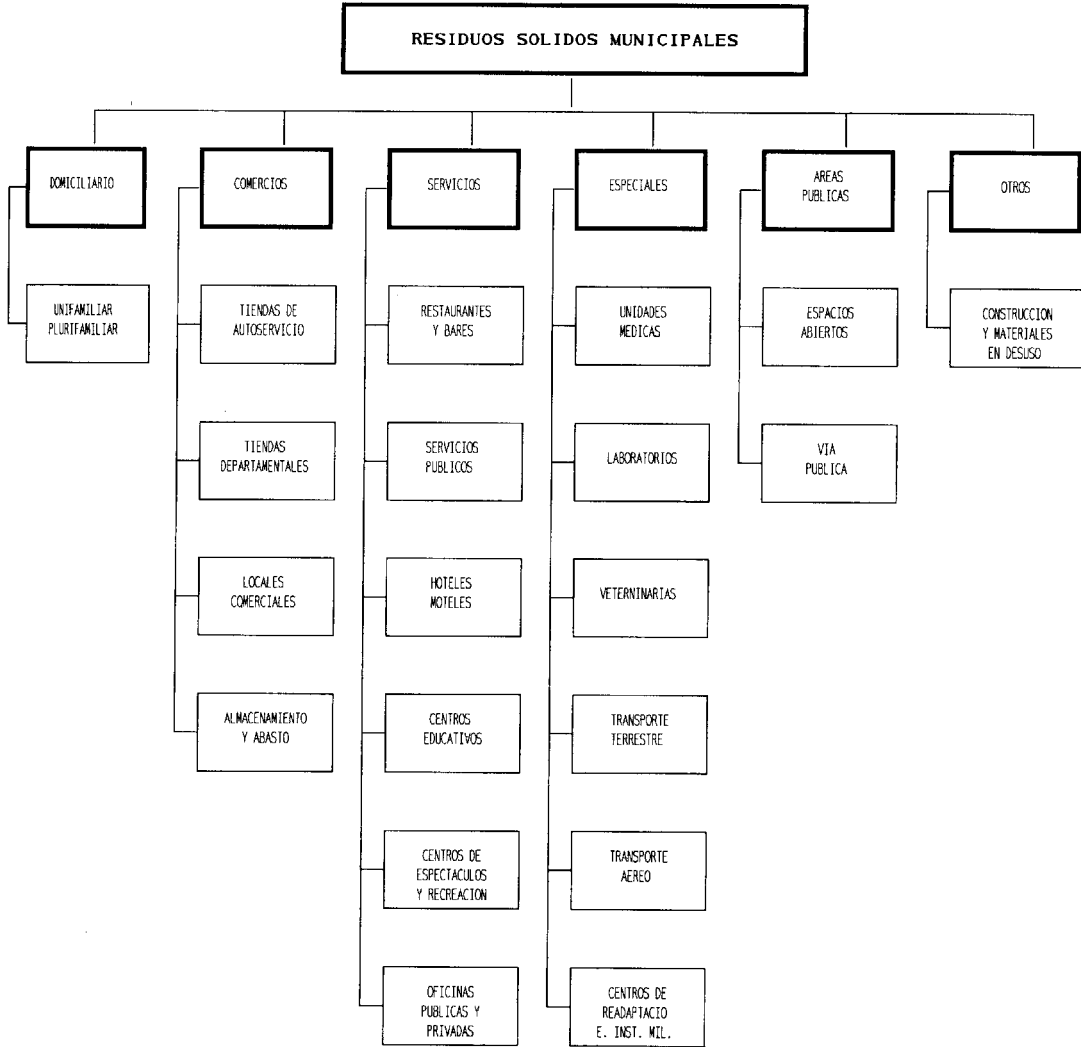
Para un conocimiento más específico de las características cualitativas y cuantitativas que identifican a los residuos sólidos de cada fuente generadora, se han desarrollado una serie de estudios de generación, apegados a la siguiente normatividad mexicana.

NMX-AA-61-1895	Determinación de la generación.
NMX-AA-15-1895	Método de cuarteo.
NMX-AA-22-1895	Determinación de la composición física.
NMX-AA-19-1895	Determinación del peso volumétrico <i>in-situ</i> .

### 2.3.2 Lineamientos metodológicos para los estudios de generación

Tomando en cuenta la normatividad establecida, el primer paso para el desarrollo de un estudio de este tipo, es la planeación de las actividades de campo, estableciendo un tamaño de muestra que estará en función del nivel de confianza que se desea obtener, posteriormente se identifican las áreas que se muestrearán, y paralelamente a esta actividad se integran las cuadrillas de personal que se empleará durante el periodo del estudio, en el que se recolectarán las muestras diariamente para ser trasladadas al área de cuarteo para su pesaje, y una vez registrados los datos, se procederá a determinar el peso volumétrico y la composición física.

**Figura 2.1**  
**Residuos sólidos municipales**



Una vez terminadas las actividades de campo, los resultados recabados son procesados estadísticamente obteniéndose los indicadores cuantitativos y cualitativos.

### 2.3.3 Cuantificación de los residuos sólidos municipales

Como se ha indicado previamente, la investigación busca obtener información con respecto a los siguientes aspectos:

- × Volúmenes de generación de residuos sólidos en la localidad.
- × Peso volumétrico promedio de los residuos sólidos generados.

Dichas características se fundamentan en la información que se puede disponer y sirve para conformar puntos de partida para su posterior análisis.

#### 2.3.3.1. Generación unitaria por fuente generadora

De la investigación descrita en los puntos anteriores, pueden obtenerse cifras y parámetros indicativos tanto de la cantidad de residuos generados, como de las características de los mismos, así como de las principales actividades en la localidad.

En la tabla 2.1 siguiente se muestran los indicadores de generación unitaria por tipo de establecimiento, obtenidos en la Ciudad de México.

Cuadro 2.1.

<b>Tipos de fuentes generadoras</b>	<b>Subclasificación</b>	<b>Generación unitaria de residuos sólidos</b>
Domiciliarios	- unifamiliar	0.605 kg/hab/día
	- plurifamiliar	0.772 kg/hab/día
Comercio	- tiendas de autoservicio	2.527 kg/empleado/día
	- tiendas departamentales	1.468 kg/empleado/día
	× con restaurante	0.766 kg/empleado/día
	× sin restaurante	2.875 kg/empleado/día
	- locales comerciales	2.143 kg/local/día
	- mercados	3.350 kg/local/día
	× comunes	
	× especiales	
Servicios	- restaurantes y bares	0.850 kg/comensal/día
	- hoteles y moteles	1.035 kg/huesped/día
	- centros educativos	0.058 kg/alumno/turno
	- centros de espectáculos y recreación	
	× cines	0.012 kg/espectador/función
	× estadios	0.054 kg/espectador/evento
	- oficinas	0.179 kg/empleado/turno
Especiales	- terminal terrestre	2.418 kg/pasajero/día
	- terminal aérea	5.177 kg/pasajero/día
	- reclusorio	0.538 kg/interno/día
	- unidades medicas	
	× nivel 1	1.279 kg/consultorio/día
× nivel 2	4.730 kg/cama/día	
× nivel 3	5.580 kg/cama/día	
Áreas publicas	- espacios abiertos	0.163 kg/m <sup>2</sup> /día
	- vía pública	31.383 kg/m <sup>2</sup> /día
Generación unitaria promedio per-capita municipal		1.204 kg/hab/día



### 2.3.3.2 Generación global

A partir de los indicadores unitarios obtenidos se realiza la estimación de la generación global de la zona de estudio, la cual considera las diversas fuentes generadoras que se ubiquen en esta área, así como la producida por los habitantes con lo que se obtendrá la generación global que tendrá que obtenerse por barrios, colonias o subsectores definidos de acuerdo a cuadrantes.

Ahora bien, si no es posible realizar estudios de generación, se pueden realizar estimaciones pesando los vehículos recolectores durante un periodo aproximado de una semana.

De acuerdo con las expectativas de crecimiento poblacional mencionadas, puede estimarse la generación que se tendrá para los años subsecuentes.

Las cifras manejadas respecto a la generación diaria, representa cantidades promedio que ocurren prácticamente todo el año, pero además existen períodos en los que dichas cifras observan ciertas variaciones. Siendo estos principalmente: fiestas nacionales y de fin de año regularmente.

### 2.3.3.3 Peso volumétrico por fuente generadora

La determinación de indicadores volumétricos, es de suma importancia para la definición y diseño de contenedores y áreas de almacenamiento para las diversas fuentes generadoras y para coadyuvar en el correcto manejo de los residuos sólidos, ya que contar con un adecuado almacenamiento evita los malos olores y la proliferación de fauna nociva, que pueden ocasionar daños al medio ambiente y a la salud.

**Cuadro 2.2**  
**Peso volumétrico *in-situ***

	<b>Fuente</b>	<b>Peso volumétrico Kg/m<sup>3</sup></b>
1	Unifamiliar, plurifamiliar	228
2	T. De autoservicio	148
3	T. Departamentales	113
4	L. Comerciales	209
5	Almacenamiento y abasto	139
6	Restaurantes y bares	324
7	Servicios públicos	88
8	Hoteles y moteles	144
9	C. Educativos	84
10	C. De espectac. Y rec.	73
11	Oficinas publicas y privadas	80
12	Unidades medicas	130
13	Laboratorios	196
14	Veterinarias	157
15	Transporte terrestre	122
16	Transporte aéreo	142
17	C. de readapt. Social	217
18	Espacios abiertos	117
19	Vía pública	768

Resulta importante hacer la aclaración, de que los datos de la tabla anterior llega a variar en rangos de aproximadamente  $\pm 15\%$ , dependiendo de la época del año, ya que influye directamente en ellos las condiciones climatológicas, especialmente la humedad ambiente.

## 2.4 Estructura vial

Los cada vez más frecuentes problemas de circulación que se presentan en las ciudades, obligan a realizar un análisis detallado sobre la infraestructura vial con la que se cuente en la zona de estudio, el considerar este factor es de suma importancia debido a que por estas vialidades circularán los vehículos recolectores y de transferencia.

Existen una serie de restricciones para la circulación de acuerdo al tipo de vialidad, estas pueden ser por el tipo de vehículo o en horarios determinados.

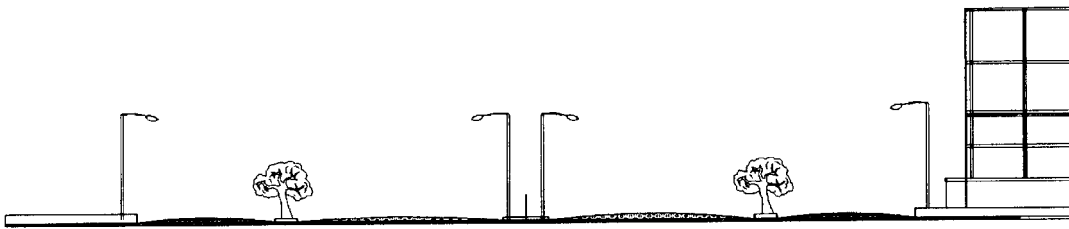
Las vías públicas se clasifican en red vial primaria y en red vial secundaria, a continuación se presenta su subclasificación:

#### 2.4.1 Red vial primaria

##### × Vías rápidas de acceso controlado

Las vías de acceso controlado son de alta velocidad y se restringen en los horarios diurnos para el tránsito del transporte de carga, tanto público como mercantil que se realice con vehículos clasificados como pesados por el Reglamento de Tránsito, y que pueden ser utilizadas en los horarios nocturnos que se determinen, siempre y cuando por su peso, dimensiones y características no dañen los pavimentos de estas vías de circulación. (Figura 2.2).

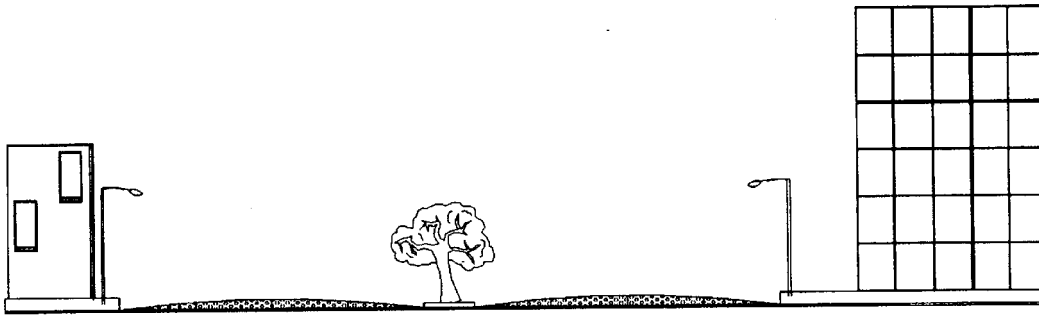
**Figura 2.2**  
**Sección transversal de vía de acceso controlado**



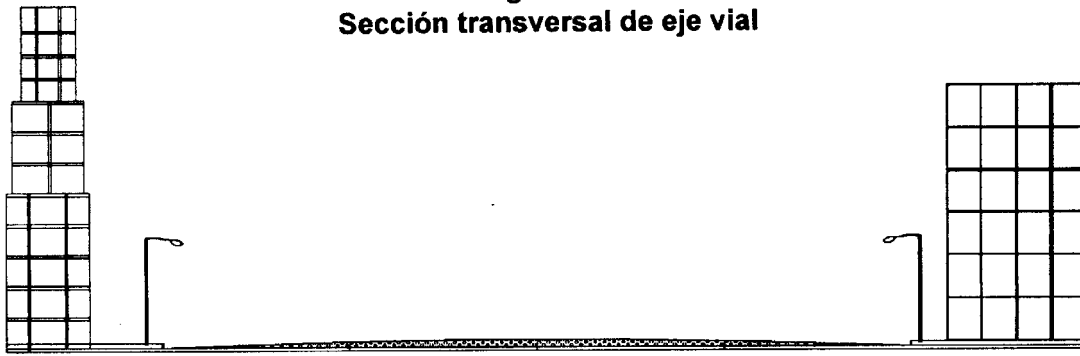
##### × Avenidas principales

Estas vías son arterias ortogonales destinadas al tráfico de larga distancia y de velocidad moderada, generalmente con tráficos opuestos separados por una faja central divisoria. Este tipo de vías cuentan con un sistema de semáforos sincronizados para agilizar el flujo vehicular; en estas vialidades es posible que circulen vehículos pesados y de grandes dimensiones como son los vehículos de transferencia.(Figura 2.3 y 2.4).

**Figura 2.3**  
**Sección transversal de avenida principal**



**Figura 2.4**  
**Sección transversal de eje vial**



#### 2.4.2 Red vial secundaria

##### × Calle Principal

Estas vías alimentan a la red vial primaria, transitando por éstas volúmenes de tráfico inferiores. Las normas de diseño no son tan estrictas como en la red primaria además, es factible que circulen camiones pesados como son los vehículos recolectores exclusivamente. (Figura 2.5).

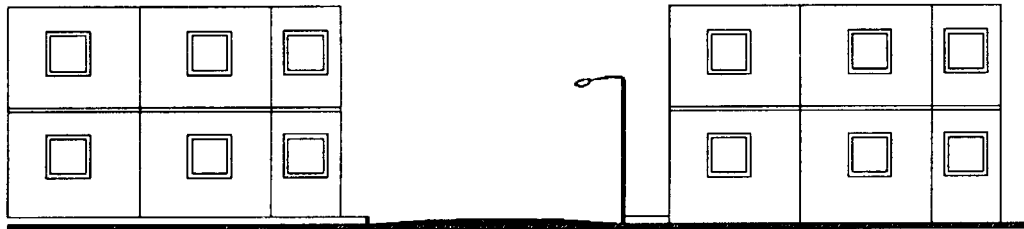
**Figura 2.5**  
**Sección transversal de calle principal**



Calle local

Este tipo de vías son las que se encuentran en zonas habitacionales, por estas vialidades se restringe en algunos casos la circulación de vehículos pesados, por lo que es conveniente analizar la geometría de las zonas que presentan éstas, las rutas a seguir, así como el equipamiento que atenderá a estas zonas. (Figura 2.6).

**Figura 2.6**  
**Sección transversal calle local**



## 2.5 Integración de información

Una vez recopilada la información referida en este capítulo, es conveniente realizar un diagnóstico con la finalidad de establecer primeramente indicadores referentes a la generación de residuos sólidos que se presentan normalmente tanto en el volumen generado, como en lo referente al tipo de desechos que se generan con mayor incidencia; patrones de conducta observados por la población relacionados con el manejo de residuos, identificando los diferentes esquemas que se presentan en la zona de estudio.

Lo anterior con el objeto de contar con información que permita medir más claramente las características actuales que demanda el sistema que se encuentra en estudio y, de esta forma, tener bases sólidas para el planteamiento de la necesidad de contar con una o varias estaciones de transferencia.

La información recabada se vaciará en planos de la zona de estudio, con lo que se estará en posibilidades de iniciar la aplicación de la metodología para el emplazamiento de estaciones de transferencia.

### 3. METODOLOGÍA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

#### 3.1 Criterios para definir la región factible donde ubicar una estación de transferencia

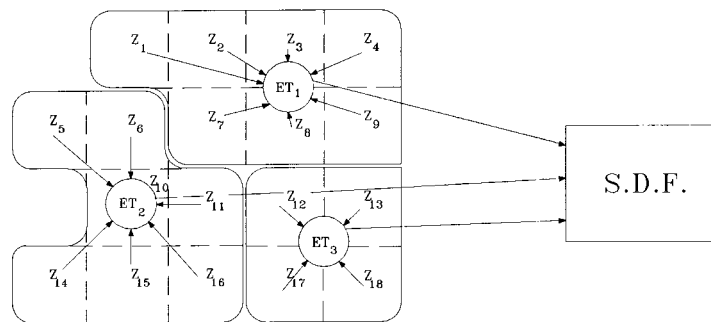
Una Estación de Transferencia de Residuos Sólidos (ETRS), es el conjunto de equipos e instalaciones en donde se hace el transbordo de basura de un vehículo recolector a otro con mucho mayor capacidad de carga, el cual transportará dichos residuos hasta su destino final.

El objetivo básico de las instalaciones de transferencia, es incrementar la eficiencia global del servicio de recolección de residuos sólidos, a través de la economía que se logra tanto al disminuir los costos y tiempos de transporte, como en la disminución del tiempo ocioso de la mano de obra y de los equipos disponibles. En la figura 3.1, se ilustra en forma gráfica la función de una Estación de Transferencia.

En la actualidad, la tendencia de crecimiento que se ha dado en las grandes conurbaciones y en las áreas metropolitanas, en donde los sitios de disposición final, están cada vez más alejados de las zonas de generación de residuos sólidos, obligan a utilizar las instalaciones de transferencia para eficientizar los sistemas de recolección de estos residuos.

La definición del centro de gravedad geográfico de una determinada región con problemas en cuanto al servicio de recolección de residuos sólidos, es el punto de partida para el establecimiento de una "ETRS". Es decir, la premisa fundamental es que una instalación de este tipo, siempre debe quedar lo más cerca posible al centro de gravedad geográfico de la región por atender, con el fin de disminuir la suma de los recorridos de las rutas de recolección hacia dicha instalación.

Figura 3.1 Descripción de la función de una estación de transferencia



Z: ZONA DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS  
 ET: ESTACION DE TRANSFERENCIA  
 SDF: SITIO DE DISPOSICION FINAL

De lo anterior se deduce que se deberá definir una región factible donde pueda instalarse la "ETRS", considerando las alteraciones que el centro de gravedad geográfico pueda sufrir, por restricciones obligadas del sistema, como lo es la ubicación de los sitios de encierro de los equipos de recolección; o bien, las desviaciones o desplazamientos que pudiera sufrir al agregar a las variables geográficas, otro tipo de variables, como son: la densidad de población, la generación de los residuos sólidos, las pendientes promedio del terreno, la traza urbana de la localidad, la cercanía con áreas forestales, o cualquier otra que pueda ser de consideración según sean las características de la localidad que se trate.

La determinación del Centro de Gravedad Geográfico (C.G.G.), implica la definición de las zonas o sectores de recolección, el cálculo de su superficie y de sus coordenadas centrales en un sistema cartesiano; para después determinar los momentos de transporte de cada una de las zonas o sectores; es decir, la distancia de los centros de gravedad de ellas hasta los ejes cartesianos, por la superficie que ocupa la mancha urbana en cada una de dichas zonas o sectores. Los momentos resultantes divididos entre la superficie total de la mancha urbana, serán las coordenadas del centro de gravedad de toda la región considerada.

La descripción gráfica de esta metodología, se presenta en la figura 3.2.

Algebraicamente, la definición del centro de gravedad geográfico, quedará definido por las siguientes expresiones:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i x_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \dots\dots\dots \text{ec. (3.1.1)}$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i y_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i)} \dots\dots\dots \text{ec. (3.1.2)}$$

Donde:

Xp, Yp: Coordenadas del centro de gravedad geográfico

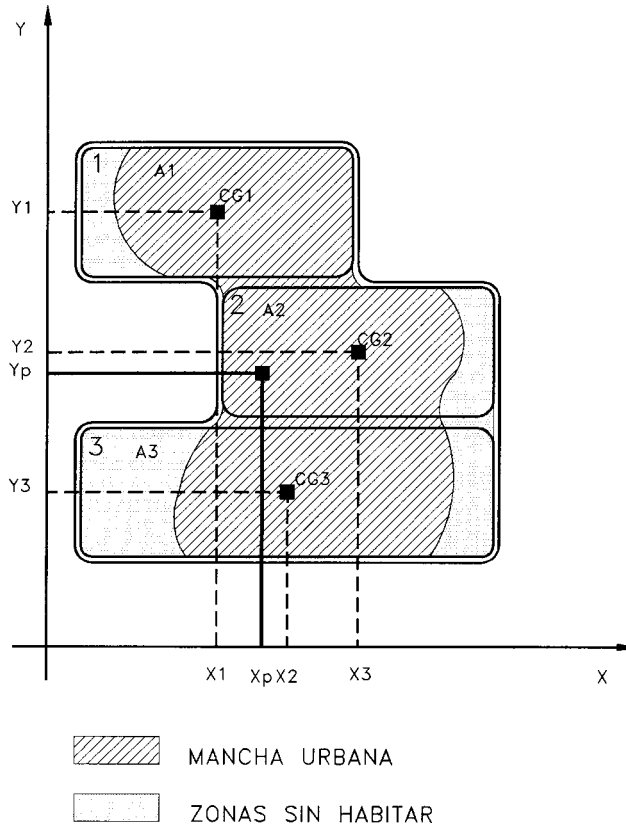
n: No. de polígonos que componen la región por atender

Ai: Superficie que ocupa la mancha urbana en el polígono "i"

Xi: Distancia del centro de gravedad del polígono "i", al eje cartesiano "Y"

Yi: Distancia del centro de gravedad del polígono "i", al eje cartesiano "X"

**Figura 3.2**  
**Definición del centro de gravedad geográfico**  
**por el método de momentos en un sistema cartesiano**



La determinación de cualquier otro centro de gravedad, puede expresarse de la siguiente manera, a partir de las expresiones 3.1.1 y 3.1.2.

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i f_j x_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i f_j)} \dots \dots \dots \text{ec. (3.1.3)}$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i f_j y_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i f_j)} \dots \dots \dots \text{ec. (3.1.4)}$$

Donde:

j = 1, 2, ..., m-1, m

fj: Factor de ajuste que engloba dentro de la superficie de la mancha urbana del polígono "i", otros aspectos complementarios que además de los puramente geográficos, permitan incluir en el análisis, algunas otras consideraciones que sean de vital importancia para la situación que se trate. Ejemplo de estas consideraciones, podrían ser las siguientes variables:

- Variable poblacional
- Variable que considere la producción de residuos
- Variable topográfica
- Variables urbanísticas
- Variables ecológicas

m: No. de variables consideradas en el análisis.

En la tabla 3.1 se presenta la descripción del factor de ajuste del centro de gravedad, para diferentes variables urbanas.

**Factores de ajuste para la corrección del centro de gravedad geográfico, debido a diferentes variables urbanísticas**

**Tabla 3.1**

Tipo de variable	Formulación del factor de ajuste	Descripción de la formulación
Geográfica	$F = 1$	El factor es igual a la unidad
Poblacional	$F = d$	El factor es igual a la densidad de población "d", expresada en hab./ha.
Por generación de residuos	$F = d * g$	El factor es el producto de la densidad de población "d" en hab./ha, por la generación per cápita de residuos sólidos municipales en kg/hab.-día
Por vialidad	$F = d * g * n$	El factor es el producto del factor anterior, multiplicado por el no. Adimensional "n" que es la sumatoria de las calificaciones de las vialidades detectadas. La calificación de las vialidades puede hacerse según la importancia de la vialidad, su número de carriles y el tránsito en horas pico.
Por pendiente del territorio	$F = d * g * p$	El factor es el producto del factor obtenido para la variable referente a la generación de residuos, multiplicado por el no. Adimensional "p", que es la pendiente en % dividida entre 10.

Agregar este tipo de variables dentro del análisis para definir la región donde debe ser ubicada la "ETRS", permitirá que la elección del sitio, se haga implícitamente de manera racional, lo cual es difícil de lograr cuando se considera únicamente, la variable geográfica; ya que por lo regular las actividades que se dan en el asentamiento humano, son tan disímboles y de orden tan diverso, que le dan una gran heterogeneidad, tanto a su densidad poblacional, como a su distribución geográfica y socioeconómica, amén de las propias diferencias que trae consigo el desarrollo urbano y la dotación de infraestructura para la prestación de los servicios públicos.

Es claro entonces, que se obtendrá un centro de gravedad por cada variable complementaria que se agregue al análisis para la definición de la Región Factible, la cual se determinará entonces, conectando los centros de gravedad de cada una de las variables consideradas en el análisis, y se, obtiene por tanto un polígono cerrado. En la figura 3.3, se presenta la descripción de un ejemplo hipotético, para ilustrar lo antes comentado.

La definición de la Región Factible, puede expresarse algebraicamente de la siguiente manera:

$$R = \{(Xp_j, Yp_j) \quad j=1,2,\dots,m-1,m\} \dots\dots\dots \text{ec. (3.1.5)}$$

$$R = \{(Xp_1, Yp_1)(Xp_2, Yp_2), \dots, (Xp_{m-1}, Yp_{m-1}), (Xp_m, Yp_m)\} \dots\dots \text{ec. (3.1.6)}$$

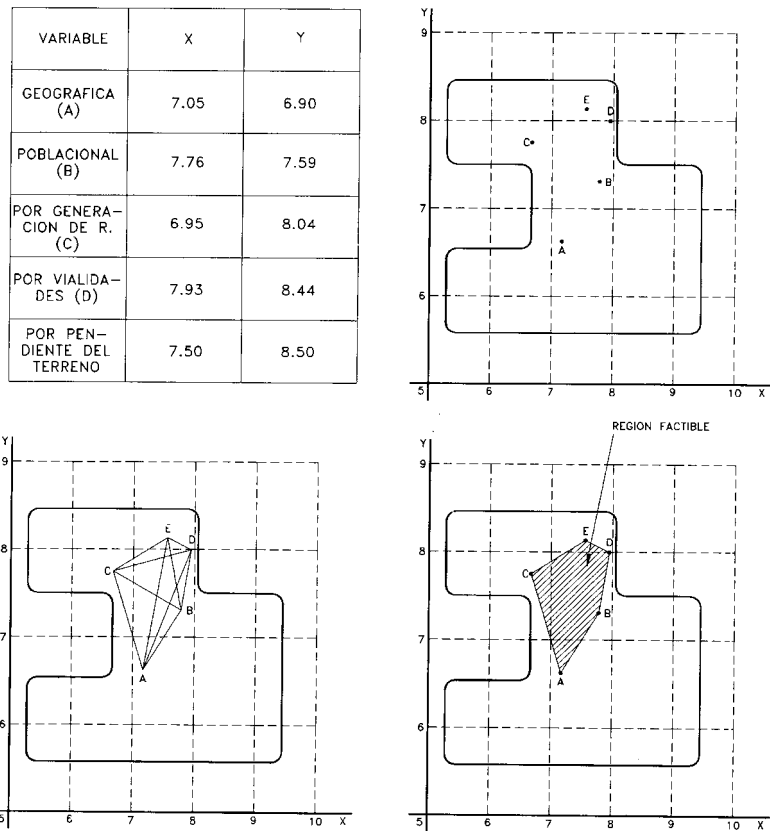
De todo lo anterior, se puede concluir que cualquier sitio que se halle dentro de la Región Factible, podrá ser considerado para la ubicación de una "ETRS", sin menoscabo de la eficiencia del sistema. Esto no debe interpretarse como una limitación contundente para eliminar aquellos sitios que se hallen fuera de la Región Factible, solamente establece que entre más nos alejemos de ella, menor será la eficiencia del sistema.



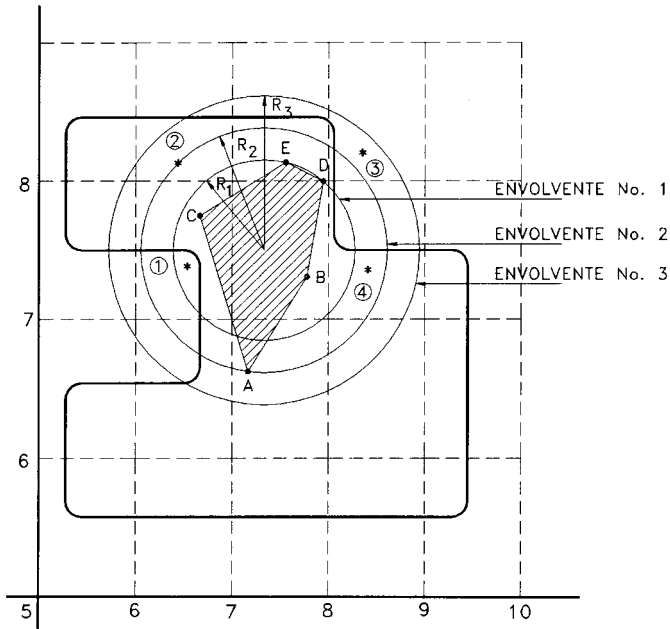
Cuando no exista sitio alguno dentro de la Región Factible, deberán trazarse círculos concéntricos a partir del centroide del polígono que define dicha región, de manera tal que la vaya envolviendo hasta encontrar uno o más sitios, para proceder a su revisión y análisis, como se indica en la figura 3.4 En teoría, el sitio con mayor viabilidad desde el punto de vista económico, será aquel que se halle más cerca de los linderos de la Región Factible.

.Descripción de la construcción de la región factible a partir de los centros de gravedad obtenidos para diferentes variables urbanísticas consideradas, para un ejemplo hipotético

**Gráfica 3.3**  
**Descripción de la construcción de la region factible a partir de los centros de gravedad obtenidos para diferentes variables urbanísticas consideradas, para un ejemplo hipotético**



**Gráfica 3.4**  
**Trazo de envoltentes sobre la región factible**  
**para identificación de sitios fuera de ella**



**3.2 Criterios de evaluación para sitios probables**

La selección del sitio más adecuado para la ubicación de una "ETRS" de entre un conjunto de sitios factibles, se puede efectuar mediante un análisis de tipo económico que considere el costo que representa el transporte de los residuos sólidos, desde los centros de generación hasta los sitios factibles para la ubicación de la "ETRS", como lo establece la siguiente expresión:

$$\text{MIN: } ZI = \sum_{k=1}^m P(k) D(k, I) C(k) \dots\dots\dots \text{ec. (3.2.1)}$$

- Donde:
- ZI: Costo de transportación de los residuos sólidos desde los sectores de generación "k", hasta el sitio "I", propuesto para ubicar la "ETRS".
  - Ck: Costo unitario de la tonelada de residuos sólidos recolectada en el sector "k".
  - P(k): Tonelaje de basura generada en el sector "k".
  - D(k,I): Distancia promedio entre el centro de gravedad del sector

Cuando no se cuente con la información necesaria para determinar el costo unitario de la tonelada de basura recolectada en cada uno de los sectores de recolección, el análisis puede efectuarse solamente con los tonelajes de basura generados en los sectores de recolección con las distancias promedios de los centros de gravedad hacia cada uno de los sitios propuestos.

A pesar de que este tipo de análisis asegura encontrar la solución óptima en términos de productividad, en ocasiones no resulta ser suficiente para tomar la decisión sobre la mejor ubicación que debe tener una "ETRS", ya que hay otros aspectos de tipo social, político, ambiental, de salud pública y de percepción ciudadana, que son importantes de considerar.

Por tanto el análisis antes descrito debe ser complementado con otro tipo de metodología que incluya algunas otras variables que consideren los aspectos mencionados en líneas atrás, como lo que se describe a continuación:

El objetivo fundamental de esta metodología, es lograr que a través de su aplicación, el sitio elegido sea aquel que por sus propias características, asegure que las implicaciones ambientales generadas por la instalación durante su operación, sean las menores.

Para fines meramente descriptivos de la metodología, se establecieron dos conjuntos de variables, uno compuesto por los aspectos ambientales al que se le denominó "ELEMENTOS DEL ENTORNO URBANO", mientras que al conjunto que reúne las características de los sitios, se le designó "IMPACTANTES POTENCIALES DE LA INSTALACION".

Ahora bien, para identificar los componentes del primer conjunto, se realizó una detallada inspección de la operación de las actuales estaciones de transferencia, así como una revisión de las notas periodísticas relacionadas con el tema de los residuos sólidos, además de considerar las opiniones de diferentes grupos de la sociedad en general. De lo anterior, se derivó la siguiente lista de variables:

- AMBIENTE: Aire, agua, suelo, zonas arboladas, protegidas, etc.

- SALUD: De toda la población en general, incluyendo sobremanera la de los sectores más desprotegidos, ya sea por su condición y características, o por su inaccesibilidad a los servicios médicos.

- BIENESTAR: Afectaciones y molestias sobre los diferentes ámbitos en los que se congrega la población en general: casas-habitación, escuelas, hospitales, centros deportivos, etc.

-INFRAESTRUCTURA URBANA: Vialidad, servicios, parques y jardines.

Con la relación del conjunto de variables denominadas "IMPACTANTES POTENCIALES DE LA INSTALACION", se debe mencionar que para precisar sus componentes, fue necesario identificar "a priori" los agentes derivados de la operación de una "ETRS", que potencialmente pueden generar algún riesgo sobre cada uno de los Elementos del Entorno Urbano, definidos anteriormente. Estos agentes se mencionan a continuación:

AMBIENTE: Emisión de agentes contaminantes físicos, químicos y biológicos, que puedan llegar a contaminar el ambiente en general, en especial al aire y al suelo.

SALUD: Generación de polvos, microorganismos y otros agentes físicos, químicos y biológicos, que pueden ir directamente al ser humano y a sus animales domésticos; o bien, dispersarse sobre los elementos del ambiente, en ocasiones en concentraciones por encima de los niveles normativos.

BIENESTAR: - Generación de polvos, ruido y olores.

- Alto flujo vehicular sobre vialidades secundarias.

- Dispersión de residuos sólidos en el ambiente.

- Afectación de la estética por las actividades propias de la instalación.

INFRAESTRUCTURA - Afectación de la infraestructura vial (carpeta asfáltica, banquetas, guarniciones, mobiliario urbano, etc.).

- Incremento de accidentes.

- Deterioro de la infraestructura hidráulica.

- Incremento del mantenimiento en los servicios complementarios.

De acuerdo con el listado anterior, las características propias de los sitios que pueden tener una cierta ingerencia para propiciar que los agentes de riesgo antes anotados, sean menos efectivos y más fácilmente controlables, se indica a continuación:

- Distancia de amortiguamiento a Zonas Habitadas

- Dirección e Incidencia de Vientos

- Pendiente de Acceso al Sitio

- Accesos Viales al Sitio

- Superficie Disponible

Después del análisis anterior, se ve con claridad que entre las variables de los dos conjuntos mencionados, existe una cierta relación causa-efecto que puede ser identificada con un enfoque

sistémico, para tratar de reducir al máximo la subjetividad que este tipo de valoraciones conllevan implícitamente.

Es así que entonces, puede proponerse a la "Teoría de Juegos" como marco metodológico para el análisis, con el fin de formular un "Juego de Suma Cero" entre el "HOMBRE" y su "ENTORNO", a través del cual ambos buscarán definir aquellas estrategias que respectivamente, les permitan obtener las máximas ganancias y las menores pérdidas. En este juego, el "HOMBRE" estará representado por el conjunto de variables denominado "IMPACTANTES POTENCIALES DE LA INSTALACION", ya que las componentes de este conjunto se refieren a las características de los sitios donde se pretende instalar una "ETRS", cuya operación correrá por cuenta del "HOMBRE", pudiendo esta operación modificar el estado actual que guarde el entorno urbano en los sitios factibles para ubicación de la "ETRS". Así mismo, el conjunto de variables designado "ELEMENTOS DEL ENTORNO URBANO", es obvio que representará al "ENTORNO", ya que como se mencionó anteriormente, las variables que lo integran se refieren a los componentes del entorno urbano que pueden verse impactados con la operación de la "ETRS". También es obvio que en este enfrentamiento, el "HOMBRE" fungirá como un Jugador Maximizante, pues con sus acciones o estrategias modificará al "ENTORNO"; mientras que este último nunca alterará las estrategias del primero, puesto que siempre estará a la espera de que el "HOMBRE" lleve a cabo cualquiera de sus acciones. Con base en lo anterior, se puede concluir que permanentemente el "HOMBRE" buscará encontrar aquellas estrategias que maximicen sus ganancias; mientras que el "ENTORNO" por su parte, tratará de hallar las estrategias que minimicen sus pérdidas.

Aunque existen varios métodos para resolver un determinado juego, se propuso utilizar el de Newmann-Dantzig, el cual lo transforma en un problema lineal que puede ser resuelto por cualquiera de los algoritmos existentes para ello.

Para lograr lo anterior, es necesario plantear el juego a través de una "MATRIZ DE PAGOS", que relacione los dos conjuntos de variables, el primero con las acciones del "HOMBRE", (impactantes potenciales de la instalación); y el segundo con las acciones del "ENTORNO" (elementos del entorno urbano).

Se deberá obtener por cada uno de los sitios que se pretendan analizar, una matriz de pagos, la cual se formará mediante la multiplicación de dos matrices, una que engloba el impacto de las acciones que el "HOMBRE" tiene sobre los elementos de "ENTORNO" (matriz de contribuciones proporcionales); y la otra que reúne la "CALIFICACION" de cada uno de los impactantes.

Esta matriz que será la misma para cualquier sitio que se pretenda analizar, se construyó promediando los valores de contribución reportados por diferentes profesionistas con distintas especialidades, tanto del ramo de la ingeniería, como de las ciencias sociales. En todo caso, si no se está de acuerdo con los valores reportados en la tabla 3.2, éstos pueden ser modificados aplicando el criterio que se crea más conveniente. La afectación de los elementos del "ENTORNO" por los impactantes considerados, presentan los siguientes porcentajes:

- BIENESTAR	(34%)	
- AMBIENTE	(18%)	
- INFRAESTRUCTURA		URBANA (24%)
- SALUD	(24%)	
<hr/>		
S U M A	(100%)	

**Matriz de contribución proporcional de los impactantes sobre los elementos del entorno urbano**  
**Cuadro 3.2**

Impactantes Urbanos	Distancia amortiguamiento	Vientos	Pends. Accesos	Accesos viales	Superficie	$\Sigma$	(%)
<b>Bienestar</b>	<b>0.6</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>1.7</b>	<b>0.34</b>
<b>Ambiente</b>	--	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.9</b>	<b>0.18</b>
<b>Infraestructura urbana</b>	--	--	<b>0.1</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>1.2</b>	<b>0.24</b>
<b>Salud</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	--	<b>0.1</b>	<b>1.2</b>	<b>0.24</b>
$\Sigma$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1.00</b>

La segunda "MATRIZ DE CALIFICACION" de los impactantes, la cual será específica para cada uno de los sitios que se incluyan en el análisis, se construyó a partir de la evaluación de las características de los sitios considerados, mediante la aplicación de ciertas funciones de sensibilidad, cuyos tipos y límites se fijaron con base en el comportamiento del impactante y tomando como fundamento la normatividad y criterios de afectación ambiental.

Los tipos de función, fundamentos de límites y expresiones matemáticas que identifican a las funciones de sensibilidad utilizadas, se presentan en la tabla 3.3, mientras que en las figuras 3.5 y 3.6 se ilustran en forma gráfica dichas funciones, así como sus valores numéricos.

El objetivo de utilizar las funciones de sensibilidad es eliminar al máximo la subjetividad al calificar cada uno de los impactantes considerados.

Finalmente el producto de la "MATRIZ DE CALIFICACION" por la "MATRIZ DE CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES", dará origen a la MATRIZ DE PAGOS del sitio que se trate; en la cual los valores de cada renglón, constituirán los coeficientes de las restricciones del problema lineal en que se transformará dicha matriz de pagos, según la metodología de Newmann-Dantzig, que se describe a continuación:

- Se toman las cifras reportadas en la Matriz de Pagos, ordenándolas por renglones.
- Se formula un 1er. cuadro inicial de restricciones, una por cada renglón de la Matriz de Pagos. La formulación incluirá que las restricciones sean desigualdades "mayor o igual" comparadas con un cierto valor del juego "V".
- Se agregan variables de holgura a las restricciones, para convertirlas en igualdades.
- Se toma cualquiera de las restricciones del problema, para convertirla en función objetivo y para restarla de las demás restricciones.

Este proceso de transformación, presenta finalmente un problema lineal que puede ser resuelto mediante la aplicación de las técnicas de programación lineal existentes en la actualidad.

Se requiere entonces, hallar aquella solución que optimice la función objetivo formulada en términos de maximización de las estrategias del jugador activo o maximizante, que en este caso es el "HOMBRE", para identificar las acciones que mayormente impactarán al entorno. Los resultados que se obtendrán después de resolver el problema lineal, serán los siguientes:

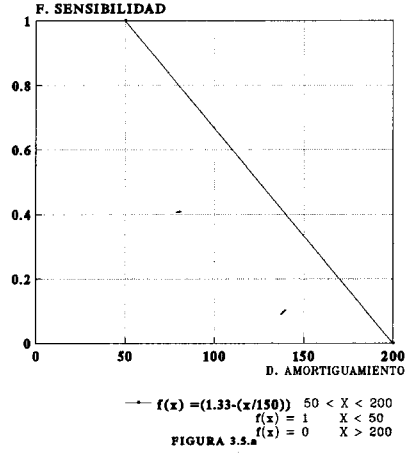
- a) Valor de la función objetivo, que será el valor del juego planteado.
- b) Valores asignados a las variables consideradas que optimizan la función objetivo y cuya suma será igual a la unidad, con lo cual se intuye que los valores hallados, establecen la importancia que dichas variables tienen entre si.

De lo anterior, se desprende el hecho de que se obtendrá un valor del juego y una combinación de variables, por cada sitio considerado. El sitio más adecuado será aquel que presente un menor valor del juego, ya que entre mayor sea el valor del juego o de la función objetivo, mayor será el impacto que sobre el entorno urbano generará la operación de la "ETRS".

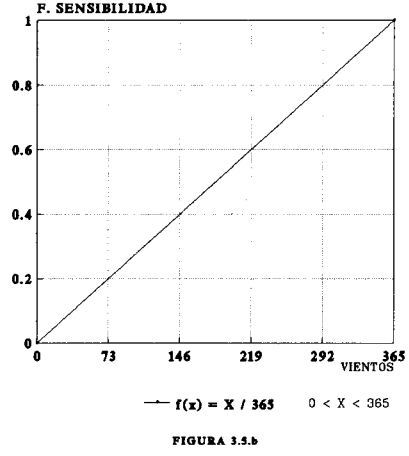
**Tipo características y fundamentos de las funciones de sensibilidad propuestas**  
**Cuadro 3.3**

Impactante potencial	Tipo de función	Fundamentos de límites	Expresión de límites
<b>Distancia de Amortiguamiento</b>	<b>Lineal</b>	La EPA recomendó una distancia mínima de 50 m. A distancias iguales o mayores a 200 m. Se asigno una calificación de 0.	$f(x) = \frac{x}{200} - 1, 50 < x < 200$ $f(x) = 1 \quad x < 50$ $f(x) = 0 \quad x > 200$
<b>Vientos</b>	<b>Lineal</b>	La calificación asignada corresponde al porcentaje de días de vientos desfavorables que inciden en cada sitio, entre el numero de días del año.	$f(x) = \frac{x}{365}, 0 < x < 365$ $f(x) = 1 \quad x = 365$ $f(x) = 0 \quad x = 0$
<b>Pendientes de acceso</b>	<b>Lineal</b>	Pendientes menores de 3% no impactan (calif. = 0). Pendientes mayores del 12% son fuertemente impactantes (calif. = 1).	$f(x) = \frac{x - 3}{9}, 3 < x < 12$ $f(x) = 1 \quad x > 12$ $f(x) = 0 \quad x \leq 3$
<b>Accesos viales</b>	<b>Lineal</b>	Cuando se tenga un solo acceso se asigno una calif. = 0.75. Cuando se tengan dos y tres accesos se asignan calificaciones respectivas de 0.5 y 0.25.	$f(x) = 1 - \frac{x}{4}, 0 < x < 4$
<b>Superficie</b>	<b>Lineal</b>	Cuando la relación de áreas necesaria entre área disponible sea de 0.20, se considero una calif. = 0. Cuando la relación sea de 0.8, se asigno una calif. = 1	$f(x) = \frac{x - 0.2}{0.6}, 0.2 < x < 0.8$ $f(x) = 1 \quad x > 0.8$ $f(x) = 0 \quad x < 0.2$

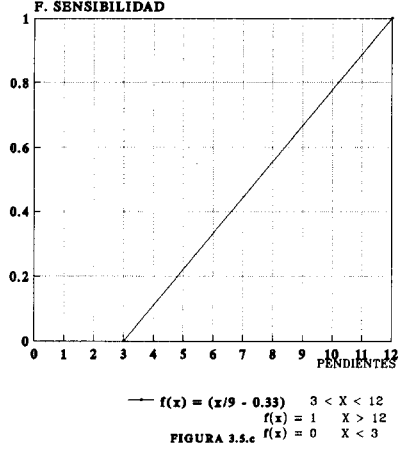
**FUNCION DE SENSIBILIDAD  
DISTANCIA DE AMORTIGUAMIENTO**



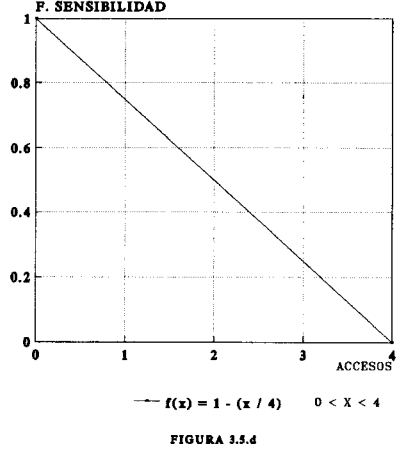
**FUNCION DE SENSIBILIDAD  
VIENTOS**



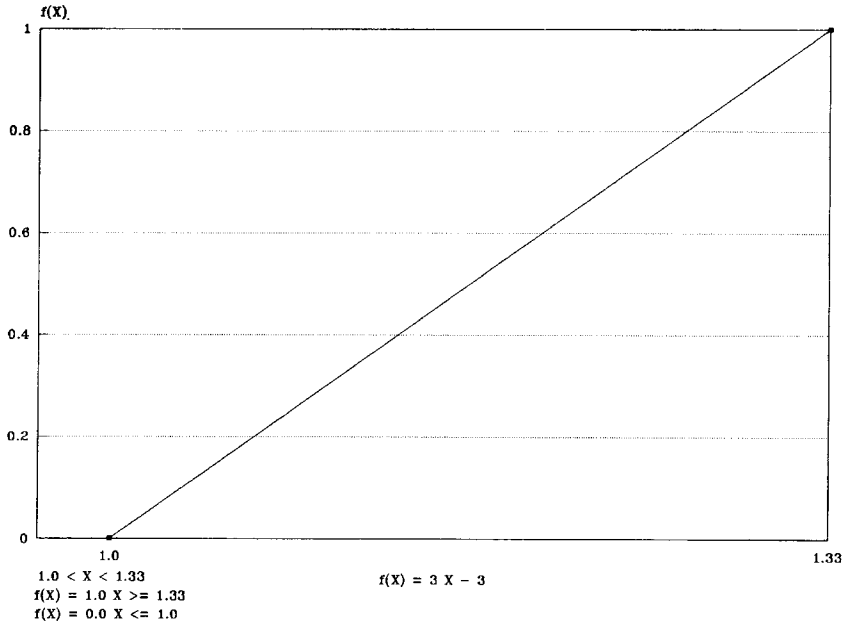
**FUNCION DE SENSIBILIDAD  
PENDIENTES**



**FUNCION DE SENSIBILIDAD  
ACCESOS**



**Gráfica 3.6**  
**Función de sensibilidad de superficie**



Aunado a lo anterior, esta metodología permite no solamente elegir el mejor sitio con base en el menor daño ambiental esperado durante la operación de la "ETRS", sino también identificar con las variables primales, los impactantes que pueden propiciar una situación ambiental crítica y su valor de importancia, así como los elementos del entorno que se pueden ver afectados y su valor de afectación, a través de las variables duales.

### 3.3 Ejemplo práctico para el emplazamiento de una estación de transferencia

#### 3.3.1 Definición de la región factible

La ubicación de la estación de transferencia, debe de estar lo más cerca posible del centro de gravedad de las zonas de recolección, a fin de disminuir la suma de recorridos de las rutas de recolección hasta la estación. Para la selección del sitio probable de ubicación de la estación de transferencia, se utiliza el método de momentos aplicado para las siguientes variables:

- Población
- Vialidades
- Generación
- Pendientes

El método de momentos consiste en definir la zona de estudio, dividiéndola en figuras geométricas localizando el centro de gravedad de cada una. Con lo anterior se determinan los momentos de transporte sobre un eje cartesiano cualquiera.

Ecuaciones de momentos.

A,B,C - Valores de las variables por aplicar

a,b,c - Distancia al eje y - y'

a',b',c' - Distancia al eje x - x'



$$X = \frac{Aa + Bb + Cc}{A+B+C} \quad \text{ec (3.3.1)}$$

$$Y = \frac{Aa' + Bb' + Cc'}{A+B+C} \quad \text{ec. (3.3.2)}$$

Dándonos para cada variable el punto óptimo de ubicación (X,Y).

La aplicación del Método de Momentos, se efectúa a partir de un sistema reticular con cuadros de 1 km<sup>2</sup> de superficie, sobrepuesta sobre la zona analizada; para después proceder a obtener los centros de gravedad de cada una de las cuadrículas y de las figuras irregulares en las zonas periféricas que no alcanzaban a ocupar toda el área de los cuadros de las cuadrículas. Estos centros de gravedad se refirieron a un sistema cartesiano. El inicio del eje se tomó para referenciar las distancias a los centros de gravedad de cada cuadrícula.

Este eje se puede ubicar de acuerdo a la cuadrícula que presenta los planos locales de cada ciudad.

Los cálculos se pueden efectuar mediante procedimientos computacionales, en las tablas 3.4 a 3.7, se presentan las corridas, mostrándose el cálculo y los resultados obtenidos para la determinación del centro de gravedad de cada una de las variables.

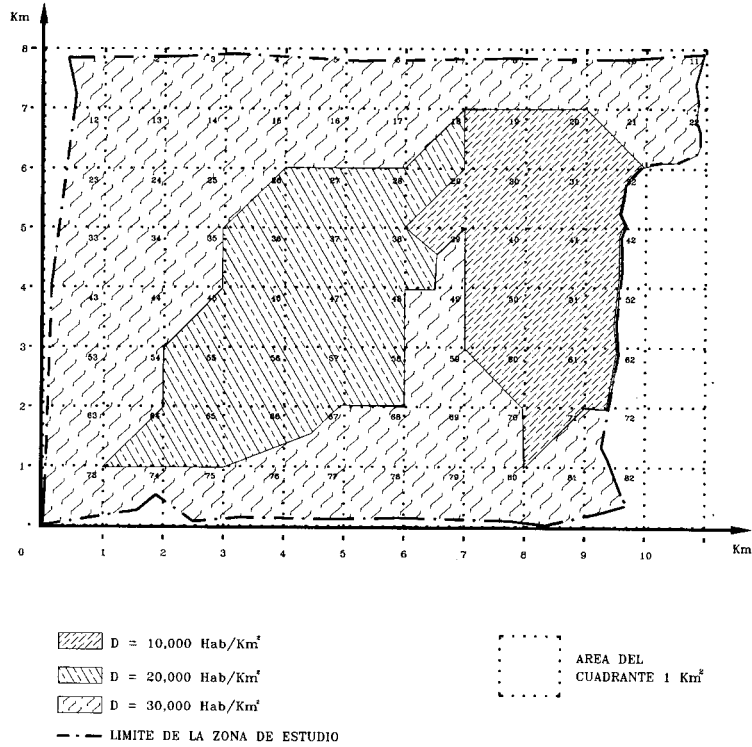
La descripción de los criterios empleados para la ubicación de los centros de gravedad para cada variable, se mencionan a continuación:

a) Población.

En la aplicación del Método de Momentos para esta variable, se determina la población existente en cada una de las cuadrículas de la retícula, considerando las densidades de población establecidas. (Figura 3.7).

Estas poblaciones con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyen en las ecuaciones de momentos para determinar el centro de gravedad para la variable de población, el cual corresponde, en el ejemplo al punto definido por las coordenadas X= 4.57; y Y= 4.08. (Tabla 3.4).

**Gráfica 3.7**  
**Densidad de población**



**Cálculo del centro de gravedad para la variable de población**

**Cuadro 3.4**

Sector	Densidad Hab/km <sup>2</sup>	Porciento De llenado	Población hab	Distancia X	Distancia Y
1	30,000	40.00	12,000	0.75	7.40
2	30,000	90.00	27,000	1.50	7.45
3	30,000	90.00	27,000	2.50	7.45
4	30,000	95.00	28,500	3.50	7.45
5	30,000	85.00	25,500	4.50	7.45
6	30,000	80.00	24,000	5.50	7.45
7	30,000	80.00	24,000	6.50	7.45
8	30,000	80.00	24,000	7.50	7.45
9	30,000	80.00	24,000	8.50	7.45
10	30,000	75.00	22,500	9.50	7.45
11	30,000	90.00	27,000	10.50	7.45
12	30,000	60.00	18,000	0.75	6.40
13	30,000	100.00	30,000	1.50	6.50
14	30,000	100.00	30,000	2.50	6.50
15	30,000	100.00	30,000	3.50	6.50

Instituto Nacional de Ecología

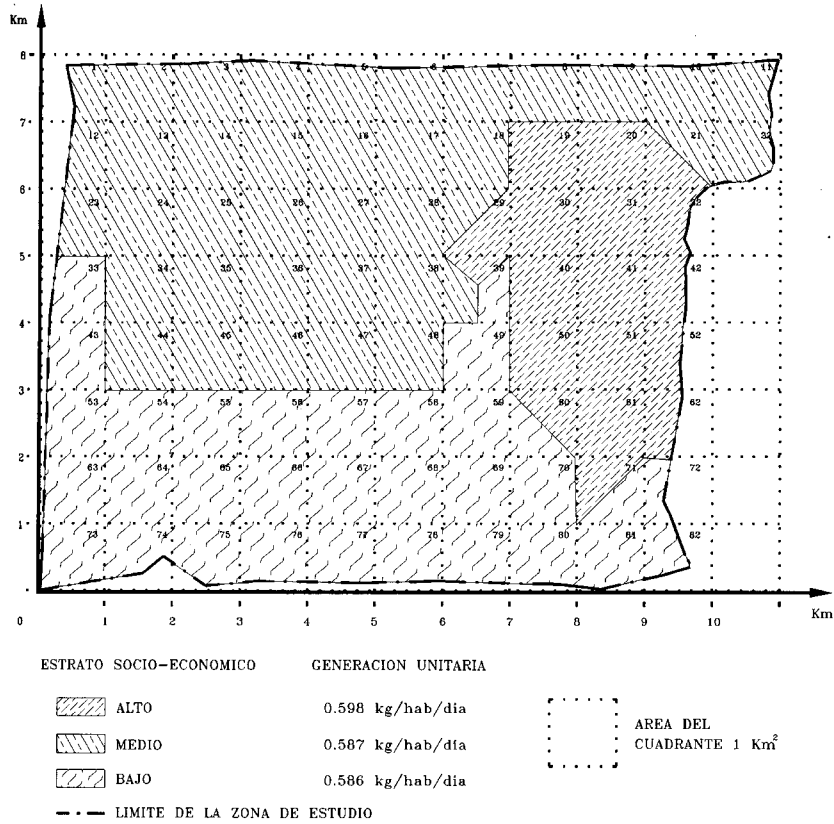
16	30,000	100.00	30,000	4.50	6.50
17	30,000	100.00	30,000	5.50	6.50
18	20,000	100.00	20,000	6.50	6.50
19	10,000	100.00	10,000	7.50	6.50
20	10,000	100.00	10,000	8.50	6.50
21	10,000	100.00	10,000	9.50	6.50
22	30,000	70.00	21,000	10.40	6.60
23	30,000	70.00	21,000	0.62	5.35
24	30,000	100.00	30,000	1.50	5.50
25	30,000	100.00	30,000	2.50	5.50
26	20,000	100.00	20,000	3.50	5.50
27	20,000	100.00	20,000	4.50	5.50
28	20,000	100.00	20,000	5.50	5.50
29	10,000	100.00	10,000	6.50	5.50
30	10,000	100.00	10,000	7.50	5.50
31	10,000	100.00	10,000	8.50	5.50
32	10,000	65.00	6,500	9.25	5.55
33	30,000	80.00	24,000	0.58	4.40
34	30,000	100.00	30,000	1.50	4.50
35	30,000	100.00	30,000	2.50	4.50
36	20,000	100.00	20,000	3.50	4.50
37	20,000	100.00	20,000	4.50	4.50
38	20,000	100.00	20,000	5.50	4.50
39	30,000	100.00	30,000	6.50	4.50
40	10,000	100.00	10,000	7.50	4.50
41	10,000	100.00	10,000	8.50	4.50
42	10,000	60.00	6,000	9.25	4.50
43	30,000	90.00	27,000	0.55	3.50
44	30,000	100.00	30,000	1.50	3.50
45	20,000	100.00	20,000	2.50	3.50
46	20,000	100.00	20,000	3.50	3.50
47	20,000	100.00	20,000	4.50	3.50
48	20,000	100.00	20,000	5.50	3.50
49	30,000	100.00	30,000	6.50	3.50
50	10,000	100.00	10,000	7.50	3.50
51	10,000	100.00	10,000	8.50	3.50
52	10,000	100.00	10,000	9.25	3.50
53	30,000	100.00	30,000	0.54	2.50
54	30,000	100.00	30,000	1.50	2.50
55	20,000	100.00	20,000	2.50	2.50
56	20,000	100.00	20,000	3.50	2.50
57	20,000	100.00	20,000	4.50	2.50
58	20,000	100.00	20,000	5.50	2.50
59	30,000	100.00	30,000	6.50	2.50
60	10,000	100.00	10,000	7.50	2.50
61	10,000	100.00	10,000	8.50	2.50
62	10,000	50.00	5,000	9.20	2.65
63	30,000	95.00	28,500	0.52	1.50
64	20,000	100.00	20,000	1.50	1.50

Instituto Nacional de Ecología

65	20,000	100.00	20,000	2.50	1.50
66	20,000	100.00	20,000	3.50	1.50
67	20,000	100.00	20,000	4.50	1.50
68	30,000	100.00	30,000	5.50	1.50
69	30,000	100.00	30,000	6.50	1.50
70	30,000	100.00	30,000	7.50	1.50
71	10,000	100.00	10,000	8.50	1.50
72	30,000	30.00	9,000	9.10	1.40
73	30,000	80.00	24,000	0.51	0.60
74	30,000	70.00	21,000	1.40	0.70
75	30,000	90.00	27,000	2.60	0.65
76	30,000	85.00	25,500	3.50	0.65
77	30,000	85.00	25,500	4.50	0.65
78	30,000	85.00	25,500	5.50	0.65
79	30,000	85.00	25,500	6.50	0.65
80	30,000	80.00	24,000	7.60	0.60
81	30,000	90.00	27,000	8.40	0.55
82	30,000	40.00	12,000	9.30	0.58
SUMATORIA			1,728,500.0		

Coordenadas		
Centroide	X	Y
Población	4.57	4.08

**Gráfica 3.8**  
**Generación domiciliaria**



**b) Generación**

Se zonifica la zona de acuerdo a la estratificación socio-económica establecida en la figura 3.8, de tal manera que conociendo la generación per-cápita por estrato y la población calculada, se está en posibilidades de estimar una generación domiciliaria de residuos sólidos, por cada cuadrícula de la retícula.

Adicionalmente, se considera la generación de residuos sólidos de tipo especial, servicios comercios, vía publica y otros figura 3.9 existente en cada cuadrícula que componen la retícula, para determinar la generación total en kilogramos de cada una de ellas.

Esta generación, con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituye en las ecuaciones de momentos para determinar el centro de gravedad de la variable de generación, el cual corresponde, en el ejemplo, al punto definido por las coordenadas X= 4.71; Y= 3.97. (Tabla 3.5)

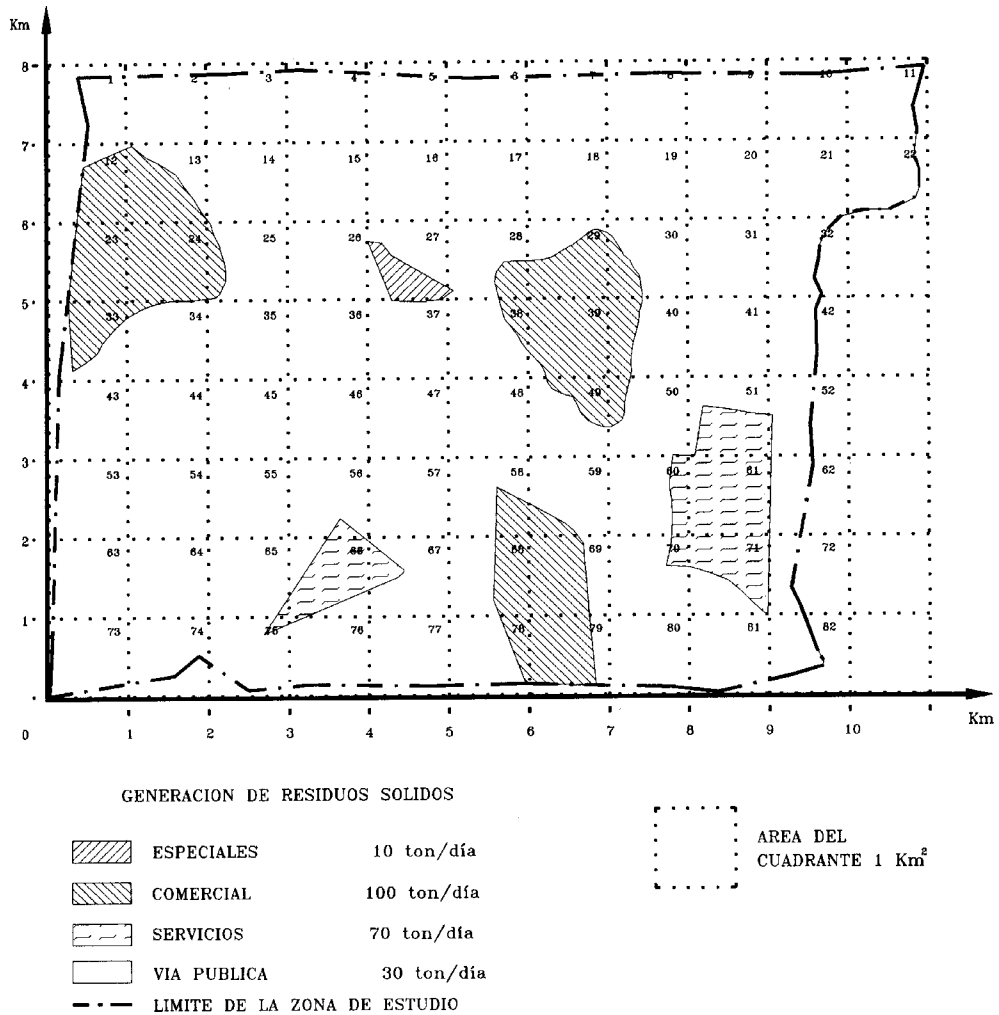
**c) Vialidades**

La metodología consiste en localizar y ubicar (figura 3.10), la red vial primaria clasificándola en vías rápidas de acceso controlado y avenidas principales, como parte complementaria se localizará la red vial secundaria ubicando las calles colectivas y locales asignándolas a cada una,

un factor de importancia con base en su nivel de flujo vehicular y capacidad de tránsito, como se muestra en la tabla 3.6.

Posteriormente, se suman los factores de importancia correspondientes al tipo y número de vialidades que atraviesan cada cuadrícula, para encontrar una cantidad que multiplicada por la población existente en cada una de ellas, nos determine el valor de la variable de vialidades para cada una de estas cuadrículas de la retícula.

**Gráfica 3.9**  
**Generación por fuente**



**Calculo del centro de gravedad para la variable de generación**

**Cuadro 3.5**

Sector Generación Por ciento Distancia Distancia  
kg / día de llenado X Y

Sector	Generación Kg/día	Por ciento De llenado	Distancia X	Distancia Y
1	7.21	40.00	0.75	7.40
2	16.21	90.00	1.50	7.45
3	16.21	90.00	2.50	7.45
4	17.11	95.00	3.50	7.45
5	15.31	85.00	4.50	7.45
6	14.41	80.00	5.50	7.45
7	14.41	80.00	6.50	7.45
8	14.41	80.00	7.50	7.45
9	14.41	80.00	8.50	7.45
10	13.51	75.00	9.50	7.45
11	16.21	90.00	10.50	7.45
12	17.81	60.00	0.75	6.40
13	24.02	100.00	1.50	6.50
14	18.02	100.00	2.50	6.50
15	18.02	100.00	3.50	6.50
16	18.02	100.00	4.50	6.50
17	18.02	100.00	5.50	6.50
18	15.08	100.00	6.50	6.50
19	6.39	100.00	7.50	6.50
20	6.39	100.00	8.50	6.50
21	12.26	100.00	9.50	6.50
22	12.61	70.00	10.40	6.60
23	20.61	70.00	0.62	5.35
24	30.02	100.00	1.50	5.50
25	18.02	100.00	2.50	5.50
26	15.08	100.00	3.50	5.50
27	22.15	100.00	4.50	5.50
28	14.15	100.00	5.50	5.50
29	17.29	100.00	6.50	5.50
30	9.39	100.00	7.50	5.50
31	6.39	100.00	8.50	5.50
32	4.15	65.00	9.25	5.55
33	19.39	80.00	0.58	4.40
34	18.02	100.00	1.50	4.50
35	18.02	100.00	2.50	4.50
36	12.15	100.00	3.50	4.50
37	12.15	100.00	4.50	4.50
38	13.15	100.00	5.50	4.50
39	24.36	100.00	6.50	4.50
40	10.39	100.00	7.50	4.50
41	6.39	100.00	8.50	4.50
42	3.83	60.00	9.25	4.50
43	6.19	90.00	0.55	3.50

44	18.02	100.00	1.50	3.50
45	15.08	100.00	2.50	3.50
46	12.15	100.00	3.50	3.50
47	12.15	100.00	4.50	3.50
48	12.15	100.00	5.50	3.50
49	20.99	100.00	6.50	3.50
50	8.39	100.00	7.50	3.50
51	16.19	100.00	8.50	3.50
52	3.51	100.00	9.25	3.50
53	17.99	100.00	0.54	2.50
54	17.99	100.00	1.50	2.50
55	12.13	100.00	2.50	2.50
56	13.53	100.00	3.50	2.50
57	12.13	100.00	4.50	2.50
58	15.13	100.00	5.50	2.50
59	19.99	100.00	6.50	2.50
60	15.75	100.00	7.50	2.50
61	25.29	100.00	8.50	2.50
62	3.19	50.00	9.20	2.65
63	17.09	95.00	0.52	1.50
64	15.06	100.00	1.50	1.50
65	12.83	100.00	2.50	1.50
66	27.30	100.00	3.50	1.50
67	16.23	100.00	4.50	1.50
68	22.99	100.00	5.50	1.50
69	25.99	100.00	6.50	1.50
70	20.09	100.00	7.50	1.50
71	24.85	100.00	8.50	1.50
72	5.40	30.00	9.10	1.40
73	16.39	80.00	0.51	0.60
74	12.59	70.00	1.40	0.70
75	23.19	90.00	2.60	0.65
76	15.29	85.00	3.50	0.65
77	15.29	85.00	4.50	0.65
78	15.29	85.00	5.50	0.65
79	23.29	85.00	6.50	0.65
80	14.39	80.00	7.60	0.60
81	16.19	90.00	8.40	0.55
82	7.19	40.00	9.30	0.58

S U M A 1,256.02

	Coordenadas	
Centroide	X	Y
Generación	4.71	3.97

El criterio para considerar esta variable, fue dar mayor prioridad a las áreas de la zona que cuenten con una mejor infraestructura vial para facilitar el acceso y salida de vehículos de recolección y transferencia a la estación.

Los valores de la variable de vialidades, con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyeron en las ecuaciones de momentos, para determinar el centro de



gravedad para la variable de vialidades, el cual correspondió al punto definido por las coordenadas  $X= 4.87$ ;  $Y= 4.13$ . (Cuadro 3.7).

**Cuadro 3.6**

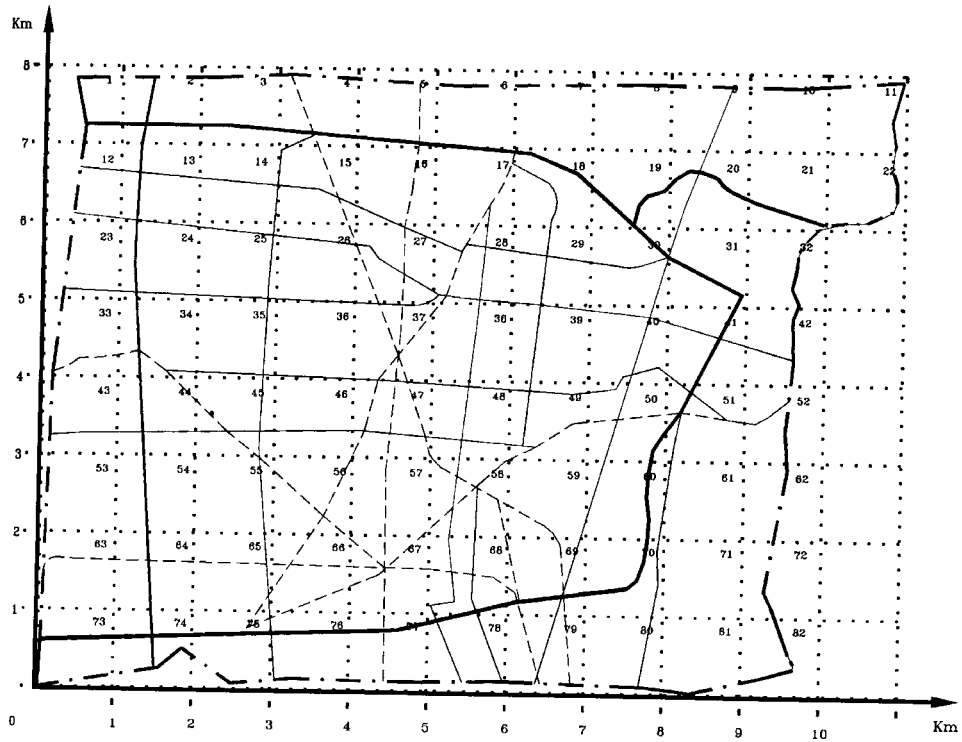
Tipo de vialidad	Factor de importancia
Vías rápidas	1
Ejes viales	.75
Avenidas principales	.50
Calles principales	.25

**d) Pendientes**

Se empleó el criterio de considerar como pendiente óptima el rango comprendido entre 0 y 5%, y como pendiente crítica del 5 al 8%. Bajo estas premisas se obtuvo una función ( $Y= 1.067 - 0.133X$ ), que relaciona un factor de importancia (Y), con el valor de la pendiente (X) en por ciento, de cada cuadrícula de la retícula. (Figura 3.11).

Para obtener las pendientes, se consideran primeramente las curvas de nivel de la zona, para posteriormente estimar las pendientes particulares de cada cuadrícula, a partir de la curva de nivel más baja, las cuales se sustituyen en la ecuación antes descrita, para encontrar una cantidad que nos determine el valor de la variable de pendientes para cada una de estas cuadrículas de la retícula. (Figura 3.12).

**Gráfica 3.10**  
**Localización de la red vial**



INFRAESTRUCTURA VIAL

- VIAS RAPIDAS DE ACCESO CONTROLADO
- EJES VIALES
- - - CALLES
- · · LIMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO
- AVENIDAS PRINCIPALES

AREA DEL  
CUADRANTE 1 Km<sup>2</sup>

**Calculo del centro de gravedad para la variable de vialidades**  
**Cuadro 3.7**

Sector	Vialidad	Porcentaje de llenado	Distancia X	Distancia Y
1	1.00	40.00	0.75	7.40
2	1.75	90.00	1.50	7.45
3	1.00	90.00	2.50	7.45
4	1.75	95.00	3.50	7.45
5	1.25	85.00	4.50	7.45
6	1.00	80.00	5.50	7.45
7	0.00	80.00	6.50	7.45
8	0.00	80.00	7.50	7.45
9	0.50	80.00	8.50	7.45
10	0.00	75.00	9.50	7.45
11	0.00	90.00	10.50	7.45
12	1.00	60.00	0.75	6.40
13	1.75	100.00	1.50	6.50
14	1.00	100.00	2.50	6.50
15	1.25	100.00	3.50	6.50
16	0.75	100.00	4.50	6.50
17	1.75	100.00	5.50	6.50
18	1.50	100.00	6.50	6.50
19	2.00	100.00	7.50	6.50
20	1.50	100.00	8.50	6.50
21	1.00	100.00	9.50	6.50
22	0.00	70.00	10.40	6.60
23	0.50	70.00	0.62	5.35
24	1.25	100.00	1.50	5.50
25	1.50	100.00	2.50	5.50
26	1.25	100.00	3.50	5.50
27	2.00	100.00	4.50	5.50
28	1.75	100.00	5.50	5.50
29	1.50	100.00	6.50	5.50
30	2.00	100.00	7.50	5.50
31	1.50	100.00	8.50	5.50
32	0.00	65.00	9.25	5.55
33	0.25	80.00	0.58	4.40
34	1.50	100.00	1.50	4.50
35	1.00	100.00	2.50	4.50
36	1.00	100.00	3.50	4.50
37	1.25	100.00	4.50	4.50
38	0.50	100.00	5.50	4.50
39	1.00	100.00	6.50	4.50
40	1.50	100.00	7.50	4.50
41	2.00	100.00	8.50	4.50
42	0.50	60.00	9.25	4.50
43	0.50	90.00	0.55	3.50
44	1.50	100.00	1.50	3.50
45	1.25	100.00	2.50	3.50
46	0.50	100.00	3.50	3.50

47	1.75	100.00	4.50	3.50
48	1.50	100.00	5.50	3.50
49	1.75	100.00	6.50	3.50
50	2.25	100.00	7.50	3.50
51	2.25	100.00	8.50	3.50
52	0.50	100.00	9.25	3.50
53	0.00	100.00	0.54	2.50
54	0.75	100.00	1.50	2.50
55	0.50	100.00	2.50	2.50
56	0.50	100.00	3.50	2.50
57	0.25	100.00	4.50	2.50
58	1.75	100.00	5.50	2.50
59	0.75	00.00	6.50	2.50
60	1.50	100.00	7.50	2.50
61	0.50	100.00	8.50	2.50
62	0.00	50.00	9.20	2.65
63	0.25	95.00	0.52	1.50
64	1.00	100.00	1.50	1.50
65	1.00	100.00	2.50	1.50
66	0.75	100.00	3.50	1.50
67	0.75	100.00	4.50	1.50
68	2.25	100.00	5.50	1.50
69	2.25	100.00	6.50	1.50
70	1.50	100.00	7.50	1.50
71	0.00	100.00	8.50	1.50
72	0.00	30.00	9.10	1.40
73	1.00	80.00	0.51	0.60
74	1.75	70.00	1.40	0.70
75	1.50	90.00	2.60	0.65
76	1.50	85.00	3.50	0.65
77	1.25	85.00	4.50	0.65
78	2.00	85.00	5.50	0.65
79	1.00	85.00	6.50	0.65
80	0.50	80.00	7.60	0.60
81	0.00	90.00	8.40	0.55
82	0.00	40.00	9.30	0.58

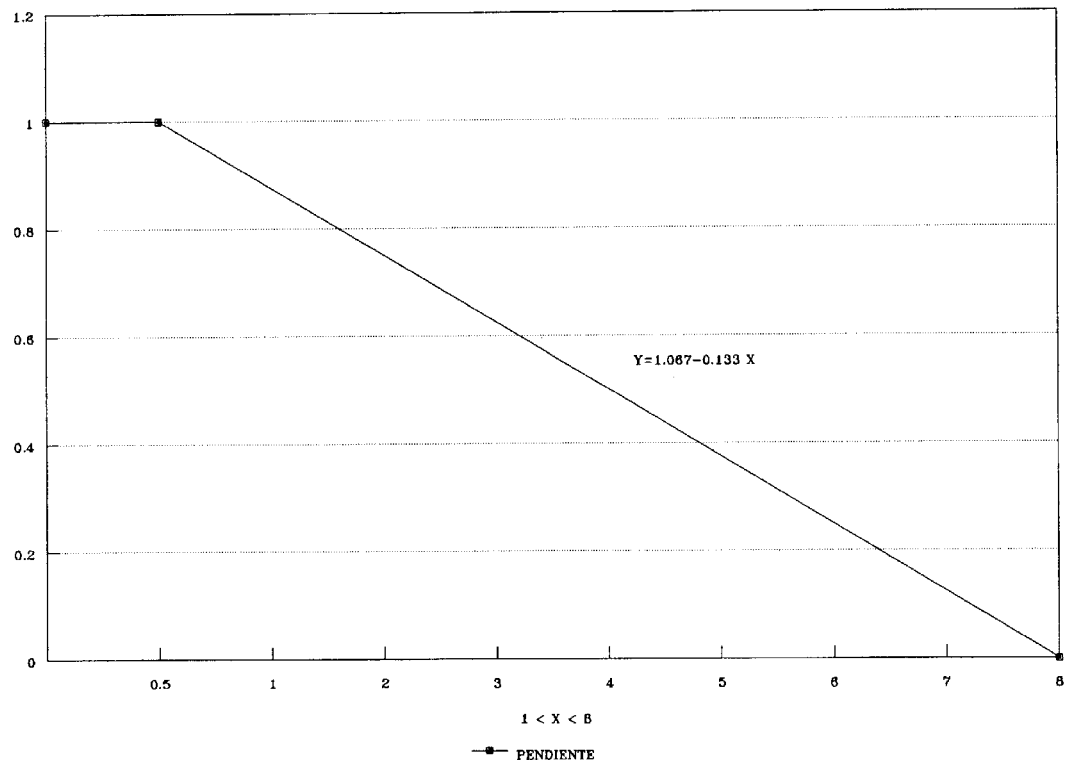
	Coordenadas <sup>3</sup>	
<sup>3</sup> Centroide	X	Y
<sup>3</sup> Generación	4.87	4.13

Los valores de la variable : pendientes, con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyen en las ecuaciones de momentos, para determinar el centro de gravedad de la variable de pendientes, el cual correspondió al punto definido por las coordenadas X= 5.18; Y= 4.10. (Tabla 3.8).

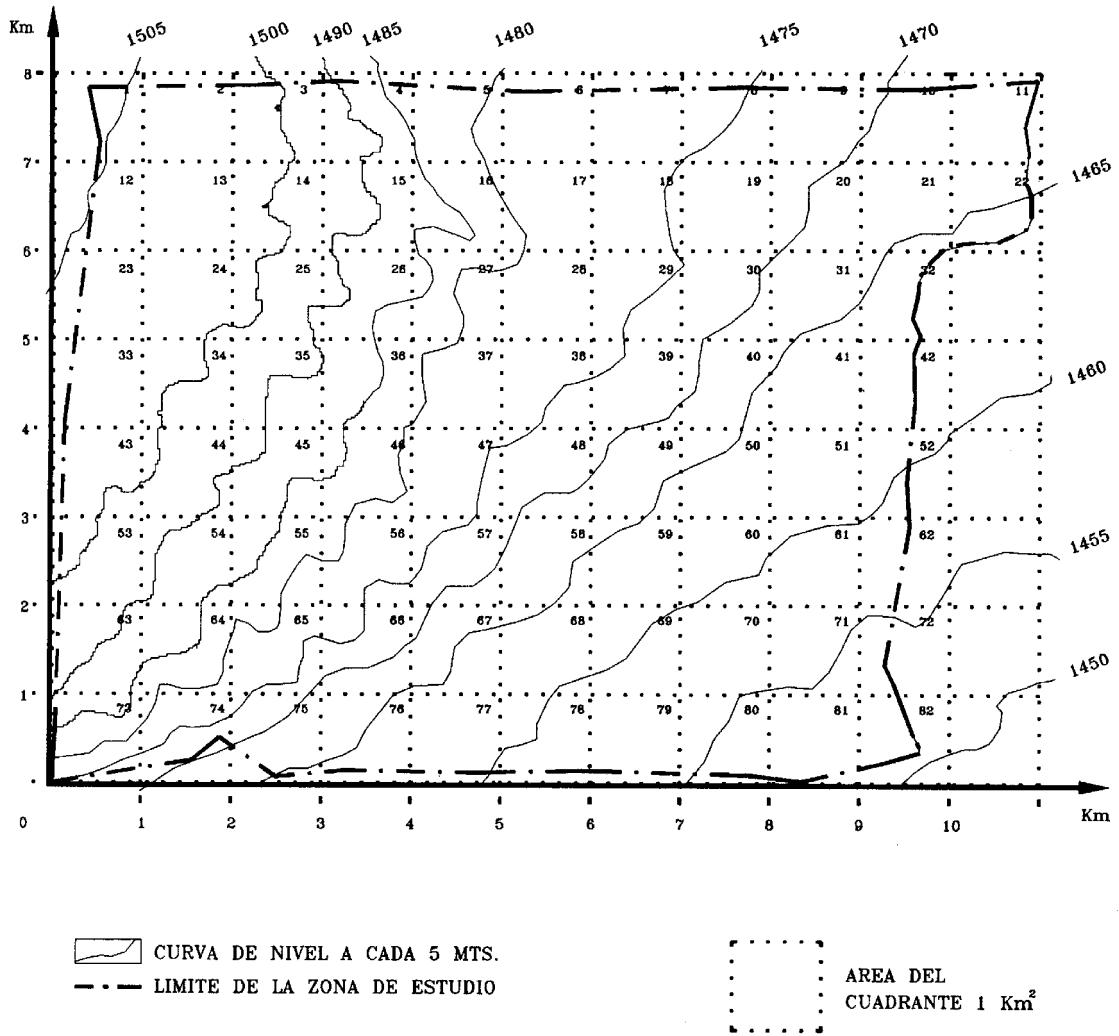
Una vez definidos los centroides de cada una de las variables, se procede a la unión de los mismos, formando una figura geométrica, a la que se le calcula el centro de gravedad, el cual viene siendo el centroide general de cálculo. (Figura 3.13).

El centroide se ubica físicamente en el plano, a partir de este punto se radian círculos concéntricos con el objeto de localizar predios que reúnan las características para la construcción de la estación de transferencia, los radios considerados son de 500, 1,000, 1,500 y 2,000 m. como se puede observar en la figura 3.14.

**Gráfica 3.11**  
**Factor de importancia de pendiente**



**Gráfica 3.12**  
**Localización de curvas de nivel**



**Calculo del centro de gravedad para la variable de pendientes**

**Cuadro 3.8**

Sector	Vialidad	Porciento de llenado	Distancia X	Distancia Y
1	1.00	40.00	0.75	7.40
2	1.00	90.00	1.50	7.45
3	0.93	90.00	2.50	7.45
4	0.93	95.00	3.50	7.45
5	1.00	85.00	4.50	7.45
6	1.00	80.00	5.50	7.45
7	1.00	80.00	6.50	7.45
8	1.00	80.00	7.50	7.45
9	1.00	80.00	8.50	7.45
10	1.00	75.00	9.50	7.45
11	1.00	90.00	10.50	7.45
12	1.00	60.00	0.75	6.40
13	1.00	100.00	1.50	6.50
14	0.93	100.00	2.50	6.50
15	0.93	100.00	3.50	6.50
16	1.00	100.00	4.50	6.50
17	1.00	100.00	5.50	6.50
18	1.00	100.00	6.50	6.50
19	1.00	100.00	7.50	6.50
20	1.00	100.00	8.50	6.50
21	1.00	100.00	9.50	6.50
22	1.00	70.00	10.40	6.60
23	1.00	70.00	0.62	5.35
24	1.00	100.00	1.50	5.50
25	0.93	100.00	2.50	5.50
26	0.93	100.00	3.50	5.50
27	1.00	100.00	4.50	5.50
28	1.00	100.00	5.50	5.50
29	1.00	100.00	6.50	5.50
30	1.00	100.00	7.50	5.50
31	1.00	100.00	8.50	5.50
32	1.00	65.00	9.25	5.55
33	1.00	80.00	0.58	4.40
34	0.93	100.00	1.50	4.50
35	0.93	100.00	2.50	4.50
36	0.93	100.00	3.50	4.50
37	0.93	100.00	4.50	4.50
38	1.00	100.00	5.50	4.50
39	1.00	100.00	6.50	4.50
40	1.00	100.00	7.50	4.50
41	1.00	100.00	8.50	4.50
42	1.00	60.00	9.25	4.50
43	1.00	90.00	0.55	3.50
44	0.93	100.00	1.50	3.50

Instituto Nacional de Ecología

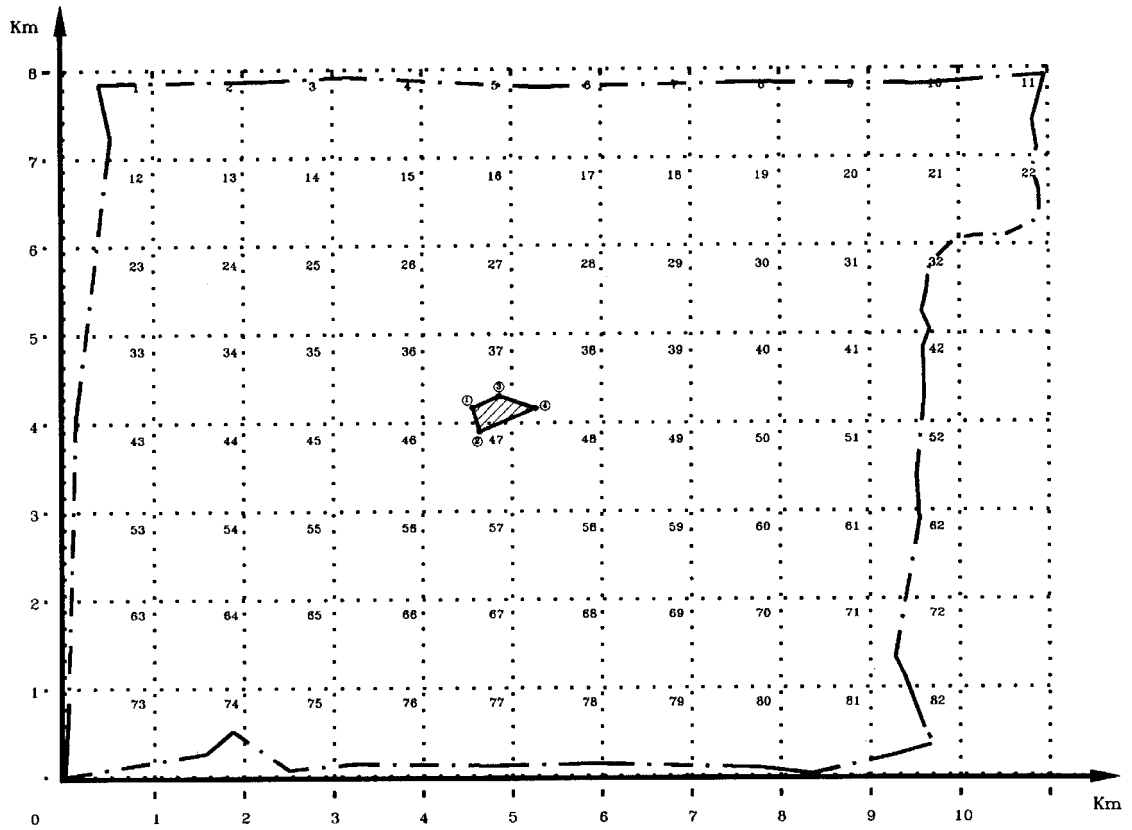
45	0.93	100.00	2.50	3.50
46	0.93	100.00	3.50	3.50
47	0.93	100.00	4.50	3.50
48	1.00	100.00	5.50	3.50
49	1.00	100.00	6.50	3.50
50	1.00	100.00	7.50	3.50
51	1.00	100.00	8.50	3.50
52	1.00	100.00	9.25	3.50
53	1.00	100.00	0.54	2.50
54	0.93	100.00	1.50	2.50
55	0.93	100.00	2.50	2.50
56	0.93	100.00	3.50	2.50
57	0.93	100.00	4.50	2.50
58	0.93	100.00	5.50	2.50
59	1.00	100.00	6.50	2.50
60	1.00	100.00	7.50	2.50
61	1.00	100.00	8.50	2.50
62	1.00	50.00	9.20	2.65
63	0.93	95.00	0.52	1.50
64	0.93	100.00	1.50	1.50
65	0.93	100.00	2.50	1.50
66	0.93	100.00	3.50	1.50
67	0.93	100.00	4.50	1.50
68	1.00	100.00	5.50	1.50
69	1.00	100.00	6.50	1.50
70	1.00	100.00	7.50	1.50
71	1.00	100.00	8.50	1.50
72	1.00	30.00	9.10	1.40
73	0.93	80.00	0.51	0.60
74	0.93	70.00	1.40	0.70
75	0.93	90.00	2.60	0.65
76	0.93	85.00	3.50	0.65
77	1.00	85.00	4.50	0.65
78	1.00	85.00	5.50	0.65
79	1.00	85.00	6.50	0.65
80	1.00	80.00	7.60	0.60
81	1.00	90.00	8.40	0.55
82	1.00	40.00	9.30	0.58

Coordenadas <sup>3</sup>

<sup>3</sup> Centroide	X	Y
<sup>3</sup> Generación	5.18	4.10



**Gráfica 3.10**  
**Definición de la región factible**



- ① CENTROIDE DE POBLACION
- ② CENTROIDE DE GENERACION
- ③ CENTROIDE DE VIALIDAD
- ④ CENTROIDE DE PENDIENTES
- ▬▬▬ LIMITE DE LA REGION FACTIBLE
- - - LIMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO
- ⋯⋯⋯ AREA DEL CUADRANTE 1 Km<sup>2</sup>

**Gráfica 3.14**  
**Envoltantes de la región factible**



### 3.3.2 Evaluación y selección del sitio

Una vez definido el polígono que delimita la zona de conveniencia para la ubicación de la estación de transferencia se efectúa una detallada inspección de la zona de conveniencia, para identificar los sitios factibles de ubicación.

Del recorrido que se realiza en campo se identifican los sitios factibles para la ubicación de una infraestructura como lo es la estación de transferencia.

Para el ejemplo, se consideraron 4 sitios, la ubicación de estos cuatro sitios se muestra en la figura 3.14 y las características de cada uno de ellos se presenta a continuación en la tabla 3.9.

**Características de los sitios**  
**Cuadro 3.9**

Factores de campo	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
Distancia de amortiguamiento	30 m	20 m	230 m	160 m
Vientos	32 días oeste 37 días norte 296 días calma	32 días oeste 37 días norte 296 días calma	32 días oeste 37 días norte 296 días calma	32 días oeste 37 días norte 296 días calma
Pendientes	8 %	5 %	3.5 %	7 %
No. De acceso al sitio	1	2	2	1
Superficie requerida	9000 =1.06	9000 =1.29	9000 =0.75	9000 =0.86
Superficie disponible	8500	7000	12000	10500
Topografía	Accidentado	Semiplano	Plano	Accidentado
Prof. Del manto acuífero	100 m	85 m	85 m	90 m
Nivel topográfico	2340	2305	2300	2320
Nivel del acuifero	2240	2220	2215	2230
Colindancias	×unidad habit. ×industrias	×centro comunitario habitacional ×inst. Deportiva	×industria	×industria ×campamento r-100
Uso del suelo	×habitacional ×industria mezclada ×servicios	×Áreas verdes	×industria vecina	×habitacional ×servicios básicos
Sitio de disposición final	64.2 km	57.9 km	57.3 km	58.2 km
Ubicación	--	--	--	--

Una vez identificados los sitios factibles para la ubicación de la estación de transferencia, se aplica la metodología para seleccionar el más idóneo, basada en la teoría de juegos, estableciendo el "juego entre dos adversarios (hombre y naturaleza)", donde ambos buscan definir aquellas estrategias que les permitan maximizar y minimizar sus ganancias y pérdidas respectivamente, dichas estrategias podrán alcanzarse si se toman en cuenta las afectaciones que sufrirán cada uno de los elementos del contorno urbano por la incidencia de los elementos impactantes de la estación de transferencia.

Para lograr lo anterior, el juego se establece mediante una "Matriz de pagos" que relaciona dos conjuntos: uno con las acciones de hombre representados por la estación de transferencia que causan impacto en el entorno urbano, y el otro con los elementos de dicho entorno que pueden ser impactados.

De acuerdo con lo anterior, las acciones del hombre a través de la estación de transferencia, están definidos por una serie de parámetros cuantificables que identifiquen las características que tendrá la estación según sea el sitio considerado; mientras que las estrategias de la naturaleza que se emplearán en la matriz de pagos, serán los elementos del entorno urbano.

Para poder establecer el juego entre la "Estación de Transferencia y el Entorno Urbano" se seleccionarán como "Impactantes de la Estación", los componentes mencionados anteriormente, que son los siguientes:

- Distancia de amortiguamiento a zonas habitadas
- Dirección e incidencia de vientos
- Pendientes de acceso a la estación
- Accesos viales a la estación
- Superficie disponible

Estos factores involucran la totalidad de los eventos que intervienen en la operación de una estación de transferencia y que están relacionadas íntimamente con el entorno urbano.

Por otro lado, como elementos del entorno urbano, se considera a los siguientes elementos: bienestar; ambiente; infraestructura vial; salud e imagen urbana.

Estos elementos son los que principalmente se pueden ver modificados por la implantación de una estación de transferencia.

Ahora bien, LA MATRIZ DE PAGOS se formó a partir del producto de dos matrices, la matriz de "CONTRIBUCIONES PROPORCIONALES" de los impactantes de la estación de transferencia a los elementos del entorno urbano y la matriz de "CALIFICACION" de los impactantes de la estación de transferencia. La tabla 3.10 se construye evaluando el efecto de cada uno de los impactantes de la estación de transferencia de cada uno de los elementos del entorno urbano considerados. Para evaluar numéricamente estos efectos se hace necesario uno de los elementos del entorno urbano, de tal manera que volviendo al ejemplo anterior, una escasa distancia de amortiguamiento afectaría en un 60% al bienestar y 40% a la salud, de la misma forma que la incidencia de vientos afecta en un 40% a la salud, un 30% al ambiente y un 30% al bienestar.

La matriz de "CALIFICACIÓN" de los impactantes, tabla 3.10, se formó a partir de la evaluación de las características de los sitios, tabla 3.9, mediante funciones de sensibilidad, cuyos tipos y límites corresponden a las características específicas de la región. Estos límites se fijaron tomando como fundamento la normatividad existente y criterios de afectación ambiental.

**Matriz de calificaciones**

**Cuadro 3.10**

Impactante Potencial	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4
<b>Distancia de Amortiguamiento</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.27</b>
<b>Vientos</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>
<b>Pendientes De acceso</b>	<b>0.56</b>	<b>0.23</b>	<b>0.06</b>	<b>0.45</b>
<b>Accesos viales</b>	<b>0.75</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.75</b>
<b>Superficie</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.42</b>	<b>0.23</b>

Finalmente el producto de la matriz de calificación por la matriz de contribuciones proporcionales, dio origen a la matriz de pagos; en la cual cada región constituye los coeficientes de las restricciones empleadas en la aplicación del método Newman-Dantzing. En las tablas 3.11 a 3.14, se presentan las matrices de pagos, para cada uno de los sitios analizados.

**Matriz de pagos**

**Sitio 1**

**Cuadro 3.11**

Impactantes Elem. Urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. Acceso	Accesos Viales	Superficie
<b>Bienestar</b>	<b>0.600</b>	<b>0.057</b>	<b>0.112</b>	<b>0.225</b>	<b>0.00</b>
<b>Ambiente</b>	<b>0.00</b>	<b>0.057</b>	<b>0.224</b>	<b>0.075</b>	<b>0.00</b>
<b>Infraestructura urbana</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.056</b>	<b>0.450</b>	<b>0.00</b>
<b>Salud</b>	<b>0.400</b>	<b>0.076</b>	<b>0.168</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**Matriz de pagos**

**Sitio 2**

**Cuadro 3.12**

Impactantes Elementos del Entorno urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. Acceso	Accesos Viales	Superficie
<b>Bienestar</b>	<b>0.600</b>	<b>0.057</b>	<b>0.046</b>	<b>0.150</b>	<b>0.00</b>
<b>Ambiente</b>	<b>0.00</b>	<b>0.057</b>	<b>0.092</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>
<b>Infraestructura urbana</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.023</b>	<b>0.300</b>	<b>0.00</b>
<b>Salud</b>	<b>0.40</b>	<b>0.076</b>	<b>0.069</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**Matriz de pagos**

**Sitio 3**

**Cuadro 3.13**

Impactantes Elementos del Entorno urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. Acceso	Accesos Viales	Superficie
<b>Bienestar</b>	<b>0.00</b>	<b>0.057</b>	<b>0.012</b>	<b>0.150</b>	<b>0.126</b>
<b>Ambiente</b>	<b>0.00</b>	<b>0.057</b>	<b>0.024</b>	<b>0.050</b>	<b>0.042</b>
<b>Infraestructura urbana</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.006</b>	<b>0.300</b>	<b>0.210</b>
<b>Salud</b>	<b>0.00</b>	<b>0.076</b>	<b>0.018</b>	<b>0.000</b>	<b>0.042</b>

**Matriz de pagos  
Sitio 4**

Impactantes Elementos del Entorno urbanos	Distancia de amort.	Vientos	Pends. Acceso	Accesos Viales	Superficie
<b>Bienestar</b>	<b>0.156</b>	<b>0.057</b>	<b>0.090</b>	<b>0.225</b>	<b>0.069</b>
<b>Ambiente</b>	<b>0.00</b>	<b>0.057</b>	<b>0.180</b>	<b>0.075</b>	<b>0.023</b>
<b>Infraestructura urbana</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.045</b>	<b>0.450</b>	<b>0.115</b>
<b>Salud</b>	<b>0.104</b>	<b>0.076</b>	<b>0.135</b>	<b>0.00</b>	<b>0.023</b>

Para resolver la matriz de pagos, se empleó un programa de computadora que resuelve problemas de programación lineal mediante el método simplex. Se plantean las ecuaciones a partir de la matriz de pagos, de la siguiente manera:

**Sitio 1**

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

**Sistema de ecuaciones.**

$$\begin{aligned}
 &0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.112X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 = 3t \\
 &0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.224X_3 + 0.075X_4 + 0X_5 = 3t \\
 &0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.056X_3 + 0.450X_4 + 0X_5 = 3t \\
 &0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.168X_3 + 0.000X_4 + 0X_5 = 3t \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned}
 &0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.112X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 - X_6 = \text{tec.}(1) \\
 &0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.224X_3 + 0.075X_4 + 0X_5 - X_7 = \text{tec.}(2) \\
 &0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.056X_3 + 0.450X_4 + 0X_5 - X_8 = \text{tec.}(3) \\
 &0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.168X_3 + 0.000X_4 + 0X_5 - X_9 = \text{tec.}(4) \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Restando la ec.(1) de la ec(2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 Z &= 0.600 X_1 + 0.057 X_2 + 0.112 X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 - X_6 = 0 \text{ ec.}(1) \\
 &- 0.600X_1 + 0.000 X_2 + 0.112 X_3 - 0.150X_4 + 0X_5 + X_6 - X_7 = 0 \text{ ec.}(2) \\
 &- 0.600X_1 - 0.057 X_2 - 0.056 X_3 + 0.225X_4 + 0X_5 + X_6 - X_8 = 0 \text{ ec.}(3) \\
 &- 0.200X_1 + 0.019 X_2 + 0.056 X_3 - 0.225X_4 + 0X_5 + X_6 - X_9 = 0 \text{ ec.}(4) \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

<b>-0.600,</b>	<b>0.000,</b>	<b>0.112,</b>	<b>-0.150,</b>	<b>0.000,</b>	<b>1,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>-0.600,</b>	<b>-0.057,</b>	<b>-0.056,</b>	<b>0.225,</b>	<b>0.000,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>-0.200,</b>	<b>0.019,</b>	<b>0.056,</b>	<b>-0.225,</b>	<b>0.000,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0</b>
<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>1</b>
<b>0.600,</b>	<b>0.057,</b>	<b>0.112,</b>	<b>0.225,</b>	<b>0.000,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>

**Sitio 2**

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

**Sistema Inicial de ecuaciones**

$$\begin{aligned}
 &0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.046X_3 + 0.150X_4 + 0.00X_5 \geq t \\
 &0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.092X_3 + 0.050X_4 + 0.00X_5 \geq t \\
 &0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.023X_3 + 0.300X_4 + 0.00X_5 \geq t \\
 &0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.069X_3 + 0.000X_4 + 0.00X_5 \geq t \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned}
 &0.600X_1 + 0.057X_2 + 0.046X_3 + 0.150X_4 + 0.00X_5 - X_6 = t \quad \text{ec.(1)} \\
 &0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.092X_3 + 0.050X_4 + 0.00X_5 - X_7 = t \quad \text{ec.(2)} \\
 &0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.023X_3 + 0.300X_4 + 0.00X_5 - X_8 = t \quad \text{ec.(3)} \\
 &0.400X_1 + 0.076X_2 + 0.069X_3 + 0.000X_4 + 0.00X_5 - X_9 = t \quad \text{ec.(4)} \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Restando la ec.(1) de la ec(2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente

$$\begin{aligned}
 &0.600 X_1 + 0.057 X_2 + 0.046 X_3 + 0.150X_4 + 0.00X_5 - X_6 = 0 \quad \text{ec.(1)} \\
 &-0.600X_1 + 0.000 X_2 + 0.046 X_3 - 0.100X_4 + 0.000X_5 + X_6 - X_7 = 0 \quad \text{ec.(2)} \\
 &-0.600X_1 - 0.057 X_2 - 0.023 X_3 + 0.150X_4 + 0.000X_5 + X_6 - X_8 = 0 \quad \text{ec.(3)} \\
 &-0.200X_1 + 0.019 X_2 + 0.023 X_3 - 0.150X_4 + 0.000X_5 + X_6 - X_9 = 0 \quad \text{ec.(4)} \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

<b>0.600,</b>	<b>0.000,</b>	<b>0.046,</b>	<b>-0.100,</b>	<b>0.00,</b>	<b>1,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>-0.600,</b>	<b>-0.057,</b>	<b>-0.023,</b>	<b>0.150,</b>	<b>0.00,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>-0.200,</b>	<b>0.019,</b>	<b>0.023,</b>	<b>-0.150,</b>	<b>0.00,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0</b>
<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>1</b>
<b>0.600,</b>	<b>0.057,</b>	<b>0.046,</b>	<b>0.150,</b>	<b>0.00,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>

**Sitio 3**

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

**Sistema Inicial de ecuaciones**

$$\begin{aligned}
 &0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.012X_3 + 0.150X_4 + 0.126X_5 \geq t \\
 &0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.024X_3 + 0.050X_4 + 0.042X_5 \geq t \\
 &0.00X_1 + 0.000X_2 + 0.006X_3 + 0.300X_4 + 0.210X_5 \geq t \\
 &0.00X_1 + 0.076X_2 + 0.018X_3 + 0.000X_4 + 0.042X_5 \geq t \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$\begin{aligned}
 &0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.012X_3 + 0.150X_4 + 0.126X_5 - X_6 = t \quad \text{ec.(1)} \\
 &0.00X_1 + 0.057X_2 + 0.024X_3 + 0.050X_4 + 0.042X_5 - X_7 = t \quad \text{ec.(2)} \\
 &0.00X_1 + 0.000X_2 + 0.006X_3 + 0.300X_4 + 0.210X_5 - X_8 = t \quad \text{ec.(3)} \\
 &0.00X_1 + 0.076X_2 + 0.018X_3 + 0.000X_4 + 0.042X_5 - X_9 = t \quad \text{ec.(4)} \\
 &X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1 \\
 &\forall X_i \geq 0
 \end{aligned}$$

Restando la ec.(1) de la ec(2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 &Z = 0.00 X_1 + 0.057 X_2 + 0.012 X_3 + 0.150X_4 + 0.126X_5 - X_6 = 0 \quad \text{ec.(1)} \\
 &0.00X_1 + 0.000 X_2 + 0.012 X_3 - 0.100X_4 - 0.084X_5 + X_6 - X_7 = 0 \quad \text{ec.(2)}
 \end{aligned}$$

$$0.00X_1 - 0.057X_2 - 0.006X_3 + 0.150X_4 + 0.084X_5 + X_6 - X_8 = t \quad \text{ec.(3)}$$

$$0.00X_1 + 0.019 X_2 + 0.006 X_3 - 0.150X_4 - 0.084X_5 + X_6 - X_9 = 0 \quad \text{ec.(4)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1$$

$$\forall X_i \geq 0$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

<b>0.00,</b>	<b>0.000,</b>	<b>0.012,</b>	<b>-0.100,</b>	<b>-0.084,</b>	<b>1,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>0.00,</b>	<b>-0.057,</b>	<b>-0.006,</b>	<b>0.150,</b>	<b>0.084,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>0.00,</b>	<b>0.019,</b>	<b>0.006,</b>	<b>-0.150,</b>	<b>-0.084,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0</b>
<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>1</b>
<b>0.00,</b>	<b>0.057,</b>	<b>0.012,</b>	<b>0.150,</b>	<b>0.126,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>

#### Sitio 4

Se obtiene un sistema de ecuaciones, a partir de la matriz de pagos.

#### Sistema de ecuaciones

$$0.156X_1 + 0.057X_2 + 0.090X_3 + 0.225X_4 + 0.069X_5 = t$$

$$0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.180X_3 + 0.075X_4 + 0.023X_5 = t$$

$$0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.045X_3 + 0.450X_4 + 0.115X_5 = t$$

$$0.104X_1 + 0.076X_2 + 0.135X_3 + 0.000X_4 + 0.023X_5 = t$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1$$

$$\forall X_i \geq 0$$

Restando variables de holgura no negativos tenemos:

$$0.156X_1 + 0.057X_2 + 0.090X_3 + 0.225X_4 + 0.069X_5 - X_6 = t \quad \text{ec.(1)}$$

$$0.000X_1 + 0.057X_2 + 0.180X_3 + 0.075X_4 + 0.023X_5 - X_7 = t \quad \text{ec.(2)}$$

$$0.000X_1 + 0.000X_2 + 0.045X_3 + 0.450X_4 + 0.115X_5 - X_8 = t \quad \text{ec.(3)}$$

$$0.104X_1 + 0.076X_2 + 0.135X_3 + 0.000X_4 + 0.023X_5 - X_9 = t \quad \text{ec.(4)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1$$

$$\forall X_i \geq 0$$

Restando la ec.(1) de la ec(2),(3) y (4) se obtiene lo siguiente

$$0.156 X_1 + 0.057 X_2 + 0.09 X_3 + 0.225X_4 + 0.069X_5 - X_6 = 0 \text{ec.(1)}$$

$$- 0.156X_1 + 0.000 X_2 + 0.090 X_3 - 0.150X_4 - 0.046X_5 + X_6 - X_7 = 0 \text{ec.(2)}$$

$$- 0.156X_1 - 0.057 X_2 - 0.045 X_3 + 0.225X_4 + 0.046X_5 + X_6 - X_8 = 0 \text{ec.(3)}$$

$$- 0.052X_1 + 0.019 X_2 + 0.045 X_3 - 0.225X_4 - 0.046X_5 + X_6 - X_9 = 0 \text{ec.(4)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1$$

$$\forall X_i \geq 0$$

La matriz a ingresar al programa tendrá la siguiente forma:

<b>-0.156,</b>	<b>0.000,</b>	<b>0.090,</b>	<b>-0.150,</b>	<b>-0.046,</b>	<b>1,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>-0.156,</b>	<b>-0.057,</b>	<b>-0.045,</b>	<b>0.225,</b>	<b>0.046,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>
<b>-0.052,</b>	<b>0.019,</b>	<b>0.045,</b>	<b>-0.225,</b>	<b>-0.046,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>-1,</b>	<b>0</b>
<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>1</b>
<b>0.156,</b>	<b>0.057,</b>	<b>0.090,</b>	<b>0.225,</b>	<b>0.069,</b>	<b>-1,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0,</b>	<b>0</b>

Después de ingresar los datos al programa Salma los resultados se presentan a continuación:



SITIO 1  
**Programa Salma**  
**Programa para resolver problemas de programación**  
**lineal (maximización y minimización), con el método simplex**

**El listado dará el arreglo simplex y base en cada iteración**  
**sus variables 1 hasta 16**  
**Variables artificiales 17 hasta 21**

**Arreglo simplex después de 0 iteraciones**

-0.1600	0.0000	0.0130	-0.1500	-0.0500	1.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
0.0000											
-0.1600	-0.0600	0.0000	0.2200	0.0500	1.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000											
-0.0600	0.0200	0.0000	-0.2300	-0.0500	1.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000
-0.1600	-0.0600	0.0000	-0.2300	-0.0700	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.6200	-0.9600	-1.0000	-0.8400	-0.9500	-3.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Base antes de la iteración 1

VARIABLE	VALOR
10	0
11	0
12	0
13	1

Valor de la función objetivo = 0

Base antes de la iteración 2

VARIABLE	VALOR
10	0
11	0
6	0
13	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

Sitio 1

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 3

VARIABLE	VALOR
10	0
9	0
6	0
13	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0

BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 4

VARIABLE	VALOR
2	0
9	0

6	0
13	1

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0  
BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 5

VARIABLE	VALOR
2	1
9	.08
6	5.999999E-02
7	5.999999E-02

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 0  
BASE ANTES DE LA ITERACIÓN 6

VARIABLE	VALOR
2	.8604652
9	6.046518E-03
6	2.093023E-02
4	.1395349

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = 6.279069E-02

RESPUESTAS

VARIABLE	VALOR
2	.8
8	2.600003E-02
6	3.000001E-02
4	.2000001

VALOR DE LA FUNCION OBJETIVO = .064

VARIABLES DUALES

VARIABLE	VALOR
10	-.7999998
11	0
12	-.2000002
13	.064

ARREGLO SIMPLEX DESPUES DE 6 ITERACIONES

1.8000 1.0000 0.8000 0.0000 0.8000 0.0000 10.0000 0.0000 -10.0000 -10.0000 0.8000 0.8000

-0.4040 0.0000 0.0260 0.0000 -0.0740 0.0000 -5.3000 1.0000 4.3000 5.3000 0.0260 0.0260

-0.2800 0.0000 0.0300 0.0000 -0.0200 1.0000 -2.5000 0.0000 1.5000 2.5000 0.0300 0.0300

-0.8000 0.0000 0.2000 1.0000 0.2000 0.0000 -10.0000 0.0000 10.0000 10.0000 0.2000 0.2000

0.0440 0.0000 0.0640 0.0000 0.0440 0.0000 0.8000 0.0000 0.2000 -0.8000 0.0640 0.0640

NOTA: Cuando su problema sea de minimización y el signo de la función objetivo obtenida del cómputo sea negativo, deberá cambiarse a positivo.

**3.3.2.1 Interpretación de resultados**

De acuerdo con los resultados obtenidos en las corridas del programa de computadora SALMA, se tiene lo siguiente:

**Estrategias del hombre**

La estrategia obtenida para el juego en cuestión, tanto para los sitios 1,2,3 y 4, es la siguiente:

	Distancia de amortiguamiento (x <sub>1</sub> )	Vientos (x <sub>2</sub> )	Pendiente de acceso (x <sub>3</sub> )	Accesos viales (x <sub>4</sub> )	Superficie (x <sub>5</sub> )	Suma
Sitio 1	0.134	0.000	0.598	0.268	0.000	1.00
Sitio 2	0.067	0.000	0.731	0.202	0.000	1.00
Sitio 3	0.000	0.814	0.000	0.186	0.000	1.00
Sitio 4	0.000	0.000	0.833	0.167	0.000	1.00

De manera tal que se cumple la condición:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

donde n=5, para este caso.

El valor del juego para los sitios analizados fueron los siguientes:

Sitio 1 = 0.154067

Sitio 2 = 0.07733919

Sitio 3 = 0.05570032

Sitio 4 = 0.1125

Esto es fácil de corroborar, si se analiza y desarrolla la función objetivo:

$$\text{Max. } Z = \sum_{i=1}^5 a_i x_i = t$$

Las estrategias indicadas anteriormente para los sitios, son las que maximizan las "ganancias" del hombre, es decir, son las acciones que mayormente afectarían a la naturaleza.

Para los 4 Sitios, existe una estrategia mixta, que maximiza las ganancias del hombre, donde las acciones de mayor afectación ambiental se reportan a continuación, en orden jerárquico o de importancia:

sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Impactantes	Valor de afectación	Impactantes	Valor de afectación	Impactantes	Valor de afectación	Impactantes	Valor de afectación
Pendientes de acceso	0.598	Pendientes de acceso	0.731	Vientos	0.7814	Pendientes de acceso	0.833
Accesos viales	0.268	Accesos viales	0.202	Accesos viales	0.186	Accesos	0.167
Distancia de amortiguamiento	0.134	Distancia de amortiguamiento	0.067				

Estos valores son los que maximizan la afectación ambiental para los cuatro sitios.

### Estrategias del entorno

La solución a todo problema de programación lineal, contiene dentro de la misma, una solución al problema "dual"; que para este caso representan las estrategias del entorno para el juego en cuestión, las cuales se presentan a continuación:

sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Elementos urbanos	Valor de afectación	Elementos urbanos	Valor de afectación	Elementos urbanos	Valor de afectación	Elementos urbanos	Valor de afectación
Infraestructura ( $x_{10}$ )	0.327	Infraestructura	0.659	Infraestructura	0.977	Infraestructura	0.000
Bienestar ( $x_{11}$ )	0.288	Bienestar	0.148	Bienestar	0.023	Bienestar	0.084
Ambiente ( $x_{12}$ )	0.385	Ambiente	0.193	Ambiente	0.000	Ambiente	0.584
Salud ( $x_{13}$ )	0.154	Salud	0.077	Salud	0.056	Salud	0.113

Como el problema primal tiene restricciones de igualdad las variables duales no están restringidas en cuanto al signo, por lo que la magnitud del impacto en los elementos de la naturaleza estará definida por su valor absoluto.

De lo anterior puede verse que se cumple con la función objetivo del dual, la cual al desarrollarse con los valores de las variables duales, se obtiene el mismo valor del juego para los sitios 1, 2, 3 y 4, encontrado con el primal.

Las estrategias indicadas anteriormente para los sitios son los que minimizan las "pérdidas del entorno; es decir, son los elementos del entorno afectados por las acciones del hombre, que minimizan en forma global, la afectación ambiental por el efecto alterador del hombre.

Para el sitio 1, se deberá cuidar EL AMBIENTE Y LA INFRAESTRUCTURA.

Para el sitio 2, se deberá poner especial cuidado con LA INFRAESTRUCTURA Y EL AMBIENTE.

Para el sitio 3, se deberá cuidar LA INFRAESTRUCTURA.

Para el sitio 4, se deberá tener cuidado especial CON EL AMBIENTE y en segundo término con LA SALUD.

### 3.3.2.2 Selección del mejor sitio

La definición del sitio más idóneo para establecer la Estación de Transferencia, se hace comparando los valores del juego obtenidos para ambos sitios, eligiendo aquel cuyo valor sea menor, o sea aquel sitio que involucre una menor ganancia para las acciones alteradoras del hombre hacia el entorno.

De acuerdo con lo anterior, de los cuatro sitios hipotéticos empleados para el análisis, se optaría por establecer la Estación de Transferencia en el clasificado por el sitio 3, con un área de 12,000 m<sup>2</sup>, localizado en zona predominantemente industrial.

### 3.3.2.3 Método simplificado

Un método más sencillo de aplicar e implementar, sin tener que desarrollar toda la estructura metodológica que involucra la aplicación de un método de solución de problemas de programación lineal: es aquel en donde sólo se requiere obtener las sumatorias de los renglones de la matriz de pagos, para después obtener la suma global de los resultados de tales sumatorias; con lo cual se hallará una sola cifra, que debe interpretarse como el valor de la afectación ambiental del sitio analizado. De la misma manera, este procedimiento se aplicará a los demás sitios, con el fin de comparar su "Valor de Afectación Ambiental" o valor del juego en cuestión; para elegir aquel sitio cuyo valor de afectación, sea mínimo.

Efectuando lo antes descrito se tiene:

	Valor de afectación ambiental	Jerarquía
<b>Sitio 3</b>	<b>1.170</b>	<b>Primera opción</b>
<b>Sitio 4</b>	<b>1.880</b>	<b>Segunda opción</b>
<b>Sitio 2</b>	<b>1.920</b>	<b>Tercera opción</b>
<b>Sitio 1</b>	<b>2.500</b>	<b>Cuarta opción</b>

Observando la tabla anterior, se concluye que el sitio 3, es el más favorable para la implantación de la Estación de Transferencia, ya que el valor de su afectación ambiental, es menor que para el sitio 1, 2 y 4.

La metodología descrita, además de que permite seleccionar el mejor sitio para una Estación de Transferencia de entre varios propuestos; proporciona elementos para lograr una adecuada toma de decisiones en el control de la afectación ambiental del sitio elegido, ya que precisa aquellos elementos del entorno a los que se les debe poner más cuidado, así como las acciones alteradoras del hombre que pueden impactar al entorno con mayor grado, de manera que puedan tomarse medidas preventivas o correctivas, según sea el caso.

El establecimiento de funciones de sensibilidad reduce la subjetividad en la asignación de calificaciones del efecto que tiene cada factor de campo sobre los elementos del ambiente. No obstante, existe cierta subjetividad en la formación de la matriz de "contribuciones proporcionales", que puede reducirse, si se desarrollan ciertas funciones de sensibilidad y se establecen convenientemente sus límites, para la formación de dicha matriz.

En la aplicación del método, la información necesaria puede obtenerse fácil y económicamente, mediante ciertos análisis rutinarios de suelos e inspecciones de campo.

El método es lo suficientemente flexible, que permite modificar tanto los elementos del ambiente como los factores de campo de acuerdo a condiciones especiales y al criterio del analista.

La teoría de juegos es una herramienta muy poderosa que debe ser utilizada en el tratamiento de problemas de impacto ambiental.

La forma en que se planteó el problema de programación lineal para resolver el juego con el método simplex, asegura la obtención de las estrategias óptimas para ambos jugadores. Esto es importante mencionarlo, ya que existen otras formas para el planteamiento de análisis, con las cuales no necesariamente se encuentran las estrategias óptimas.

## 4. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA

---

### 4.1 *Modelo de colas o líneas de espera*

Con este modelo se determinarán las medidas de desempeño de las estaciones de transferencia para evaluar los sistemas, así como el número de vehículos de transferencia requeridos, el tiempo de espera en cola para los vehículos recolectores, la eficiencia de la estación, etc.

#### 4.1.1 Definición

El proceso básico de los modelos de colas es el siguiente: clientes (vehículos recolectores), que requieren el servicio se generan en el tiempo por medio de una fuente de entrada. Estos clientes entran en el sistema de colas y se unen a una cola. En diversos momentos, se selecciona a uno de los clientes formados para darle el servicio, mediante la regla conocida como disciplina en la cola (o disciplina en el servicio). Entonces se proporciona al cliente el servicio requerido por medio del mecanismo del mismo, después de lo cual, tal cliente sale del sistema.

#### 4.1.2 Terminología

- **Fuente de entradas**

Una característica de la fuente de entrada o población potencial es su tamaño. El tamaño es el número total de clientes que podría requerir el servicio, el número total de clientes potenciales distintos. Puede suponerse finita o infinita (de modo que se dice que la fuente de entrada es ilimitada o limitada). Si hay más de 30 clientes potenciales, se dice que la población es infinita. Otra regla empírica es que la suposición de una población infinita generalmente es válida cuando la población de clientes potenciales es lo suficientemente grande como para significar que la llegada de un cliente no afecta apreciablemente la posibilidad de otra llegada. Por lo que para esta situación la población potencial de los vehículos recolectores será tomada como infinita.

- **Distribución de llegadas**

Los clientes que requieren el servicio se generan bajo una fuente de entrada, estos clientes entran al sistema de espera y se unen a una cola, estas llegadas se generan a través del tiempo bajo una distribución de probabilidad de Poisson.

- **Tasa de llegada**

Número de clientes por periodo de tiempo que llegan al sistema para ser atendidos. El valor medio de la tasa de llegadas es  $L$  número esperado de vehículos recolectores por hora.

- **Cola**

Una cola se caracteriza por el número máximo admisible de clientes que puede contener. Para este modelo se definirá como cola infinita dado que a ningún cliente se le niega el servicio y éste debe formarse en la cola.

- **Disciplina de servicio.**

La disciplina de la cola se refiere al orden en el que se seleccionan los miembros de la cola para que reciban el servicio, para este caso el primero en formarse en la cola es el primero en ser atendido.

- **Diseño de la instalación de servicio.**

El mecanismo de servicio consiste en uno o más medios de servicio, llamadas servidores, cuando todos los servidores ofrecen el mismo servicio se dice que la instalación tiene servicios paralelos, con lo cual es posible atender a tantos clientes en forma simultánea como número de servidores haya.

- **Tiempo de servicio.**

El tiempo que transcurre para un cliente, desde que se inicia el servicio hasta su conclusión en uno de los medios de servicio, se conoce como tiempo de servicio (o duración del servicio). Un modelo de un sistema particular de colas debe especificar la distribución de probabilidad de los

tiempos de servicio o tiempo entre salidas para cada servidor, se supone la misma para todos los servidores. Esta distribución tanto como la de llegadas son igualmente importantes en la determinación del modelo matemático. Se demuestra que si la distribución de probabilidad del tiempo de servicio o entre llegadas (salidas) es exponencial, el número de llegadas (salidas) sigue una distribución de probabilidad de Poisson y viceversa.

- **Tasa de servicio.**

Número de clientes por periodo de tiempo a los cuales un canal de servicio puede suministrar el servicio requerido. Se observa que esta es la tasa que podría alcanzarse si el canal de servicio siempre estuviera ocupado, es decir sin tiempo ocioso. El valor medio de la tasa de servicio esta dado por  $M$ . número esperado de vehículos recolectores que se les completa el servicio por hora y servidor.

- **Estado del sistema.**

Como cualquier sistema de colas opera como función del tiempo, tendremos condiciones transitorias o de estado estable. Cuando un sistema de colas acaba de empezar a funcionar, el estado del sistema (número de clientes en el sistema) se ve afectado en gran parte por el estado inicial y el tiempo que ha transcurrido desde entonces. Ahora se dice que el sistema se encuentra en una condición transitoria. Sin embargo, después que ha transcurrido bastante tiempo, el estado del sistema se vuelve esencialmente independiente del estado inicial y del tiempo transcurrido. Ahora el sistema ha alcanzado esencialmente una condición de estado estacionario o estable. La teoría ha tendido a considerar más el estado estacionario, por lo cual el análisis se concentrará en resultados del estado estable.

La notación considerada para estos modelos es la siguiente:

$S$	=	número de servidores
$L$	=	tasa media de llegadas
$M$	=	tasa media de servicio por servidor
$N$	=	número de clientes en el sistema de colas
$M_{prom}$	=	tasa promedio de servicio en todo el sistema
$P_n$	=	posibilidad ( de estado estable) de que hayan clientes en el sistema
$P_0$	=	probabilidad de que esté ocioso el sistema
$L_s$	=	número de clientes que se espera haya en el sistema
$L_q$	=	número de clientes que se espera haya en cola
$W_s$	=	tiempo de espera estimado en el sistema (en línea de espera más en servicio)
$W_q$	=	tiempo de espera estimado en la cola
@	=	factor de utilización para el medio de servicio, es decir la fracción esperada de tiempo en que el servidor está ocupado, donde @/S representa la fracción de la capacidad de servicio del sistema que está siendo utilizada, en promedio, por los clientes que llegan (eficiencia del sistema).

#### 4.2 Planteamiento del modelo

Para este estudio las llegadas ocurren a la tasa  $L$  y se puede atender un máximo de 4 vehículos en forma simultánea. El tiempo de servicio promedio por cliente es  $1/M$ . Las llegadas y salidas ocurren según distribuciones de Poisson. Por lo tanto, si el número de clientes en el sistema  $N$ , es cuando menos  $S$ , la tasa combinada de servicio (salida) del establecimiento es  $S \times M$ . Por otra parte si  $N$  es menor que  $S$  la tasa combinada de servicio es  $N \times M$ .

En condiciones de estado estable se determinarán las siguientes medidas básicas de desempeño.

Siendo @ =  $L/M$  se obtiene:

$$P_o = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{L^n}{n!} + \frac{L^s}{s!(1 - \frac{L}{s})} \right]^{-1}$$

$P_o$  = Probabilidad de que el sistema esté ocioso

$$P_n = \begin{cases} \frac{L^n}{n!} P_o, & 0 \leq n \leq s \\ \frac{L^n}{s^{n-s} s!} P_o, & n > s \end{cases}$$

$P_n$  = Probabilidad de que haya n clientes en el sistema (estado estable)

donde

$$L = \lambda < 1 \quad \text{L}$$

s o bien  $M_s$

Así mismo

$L_q$  = número de clientes que se espera haya en cola

$$L_q = \left[ \frac{L^{s+1}}{(s-1)!(s-L)^2} \right] P_o$$

$$L_s = L_q + L$$

$L_s$  = número de clientes que se espera haya en sistema

$$W_q = \frac{L_q}{L}$$

$W_q$  = tiempo de espera estimado en cola

$$W_s = \frac{W_q + 1}{L}$$

$W_s$  = tiempo de espera estimado en el sistema

M

#### 4.2.1 Número de servidores

El número de servidores S será el número de lugares donde un vehículo recolector puede descargar. La experiencia indica que lo más conveniente es contar con ranuras de 4 tolvas ya que agiliza la operación de descarga de los recolectores y llenado de los vehículos de transferencia, por lo que el número de servidores queda definido de la siguiente forma:

Línea de servicio, ranura con 4 tolvas = 4 servidores

#### 4.2.2 Tiempos de servicio

El tiempo de servicio estimado en instalaciones de la Ciudad de México, es igual a 11.22 min, este tiempo considera las maniobras de acomodo en la tolva, la descarga de los vehículos recolectores y maniobras de salida, de igual manera involucra los tiempos empleados por vehículo de transferencia durante las maniobras para ubicarse en la tolva, así como los tiempos de despunte.

$$T = 0.187 \text{ hr} = 11.22 \text{ min.}$$

Considerando la capacidad de un vehículo recolector de 4.5 ton y el vehículo de transferencia 20 ton, por lo que se necesitan 5 vehículos recolectores para llenar un vehículo de transferencia, debido a que la mayoría de las veces el vehículo recolector no realiza correctamente la compactación o no viene totalmente lleno. Dado esto se tiene que el número de vehículos recolectores servidos por hora será:

Para una línea de servicio con 4 tolvas.

$$SM_4 = \left( \frac{1}{0.187} \right) 4 = 21.39 \text{ vehículos/hr}$$

total de vehículos servidos/hr

$$M_{\text{prom}} =$$

número de servidores



### 4.2.3 Eficiencia

Se considera una eficiencia real esperada para las estaciones de transferencia de 85%, la cual está dada por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{factor de utilización @}}{\text{número de servidores (S)}}$$

donde:

$$\text{Factor de utilización @} = \frac{\text{tasa promedio de llegadas (L)}}{\text{tasa promedio de servicio en todo el sistema (M}_{\text{prom}})}$$

### 4.2.4 Determinación del número de unidades de transferencia

En base a los resultados obtenidos del modelo anterior, se calcula el número de vehículos de transferencia para cada estación, tomando en cuenta el tiempo de llenado de cada caja, las características de cada servidor, así como el tiempo requerido para llegar a los diferentes sitios de disposición final y regresar a la estación.

Se considera que el trailer da servicio a una sola línea de servicio y que se llena con 5 vehículos recolectores.

$$\begin{aligned} &\text{Número de vehículos de transferencia por línea de servicio} \\ &= \frac{\text{tiempo de recorrido}}{\text{tiempo de llenado}} \end{aligned}$$

Se aproximará a números enteros el número de unidades dependiendo del tiempo de espera, tanto de los vehículos recolectores como los de transferencia.

Número total de unidades requeridas = suma de vehículos para cada línea de servicio

### 4.2.5 Tiempo de llenado

Línea de servicio con 4 servidores

Tiempo de llenado = 2 tiempos de servicio

### 4.2.6 Tiempos de recorrido

Estos tiempos varían en función de la distancia a la que se encuentra el sitio de disposición final, al cual serán enviados los residuos, se considera que todos los vehículos tienen una velocidad constante aproximada de 20 km/hr, incluyendo ida y vuelta a la estación de transferencia más el tiempo de descarga del vehículo.

### 4.2.7 Determinación de la capacidad real e instalada

#### 4.2.7.1 Capacidad real

Se define como capacidad real al número de vehículos recolectores a los cuales puede dar servicio en un día cada estación.

Tomando como base los modelos de líneas de espera y una eficiencia del 85 %, la capacidad real de la estación será igual al número de vehículos recolectores que en una hora acepta la estación por el número de turnos (8 hrs) operados en un día. Estas capacidades también están dadas en toneladas por turno.

#### 4.2.7.2 Capacidad instalada

Se define como el número de unidades que podría dar servicio a una estación si trabajará al máximo rendimiento de sus instalaciones.

Para esta capacidad se considera que la estación trabaja las 24 hrs del día, con una eficiencia del 100%, por lo que la capacidad instalada será igual al número de vehículos que acepta la estación en una hora, (en base al modelo de colas) por 24 hrs. También estas capacidades están dadas en toneladas por día que acepta la estación.

### 4.2.8 Determinación de la tasa real de llegadas

Como vimos con anterioridad, podemos determinar la tasa de llegada de los vehículos recolectores en base a una estructura y a un tiempo de descarga propuesto.

Ahora es conveniente identificar la tasa real de llegadas de los viajes realizados por los vehículos recolectores asignados a la zona de estudio, para ello podemos determinar la frecuencia de llegadas de los vehículos recolectores al sitio de disposición final que da servicio a la localidad.

Posteriormente se le dará un tratamiento estadístico que nos indique el número de viajes por unidad de tiempo que se considera como la tasa real de llegadas.

La representación gráfica de una distribución de frecuencias facilita la comprensión de algunas características de los datos de estudio, por eso es conveniente ilustrar los datos gráficamente con un histograma o con un polígono de frecuencias.

De los datos obtenidos durante el tiempo de observación se obtiene una serie "n" de valores.

Posteriormente se ordenan los datos como se ilustra a continuación:

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots \leq X_i \leq \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$$

Donde:

$X_i$  = Valor promedio de los datos obtenidos durante el periodo de observación.

El análisis estadístico que se le aplica a los datos consiste en calcular la prueba de rechazo, la media, la desviación estándar, y la distribución de frecuencias.

Para realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas, se puede emplear cualquier método o procedimiento que se considera confiable. En este documento se recomienda aplicar el criterio de Dixon, para el cual se debe considerar la siguiente metodología:

Calcular el valor estadístico (r), para las siguientes situaciones.

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1} \quad \text{Cuando se sospecha del elemento mínimo de las observaciones.}$$

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j} \quad \text{Cuando se sospecha del elemento máximo de las observaciones.}$$

Donde:

n = Número de observaciones o elemento mayor

1 = El elemento menor

i = n - (j-1)

j = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

Calcular el valor permisible ( $r_{1-\alpha/2}$ ) correspondiente al percentil definido por el nivel de confianza establecido y el número de observaciones sospechosas correspondiente al caso que se trate. Para lograr lo anterior, se utiliza la tabla 4.1.

Comparar el valor estadístico (r) con el estadístico permisible ( $r_{1-\alpha/2}$ ) con el fin de rechazar o aceptar la observación sospecha de acuerdo con el siguiente criterio:

Si  $r > r_{1-\alpha/2}$  Se rechaza la observación sospechosa.

Si  $r < r_{1-\alpha/2}$  Se acepta la observación sospechosa.

La medida de posición más utilizada para describir una serie de datos es el promedio aritmético, conocida como media aritmética o simplemente media. La media de un conjunto de datos es la suma de los valores de estos entre el total de las observaciones.

Donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$\bar{X}$  = Media aritmética

$X_i$  = observación iésima

n = Total de las observaciones

Las medidas de tendencia central, como la media aritmética, pueden no ser suficientes para caracterizar la información obtenida en forma

adecuada. La utilidad de un promedio depende de su poder representativo del conjunto de observaciones. Si los valores observados están muy concentrados alrededor del promedio, este es muy representativo; pero si aquellos valores están muy dispersos con relación al promedio, este es poco representativo. En consecuencia, el significado de promedio, gana mucho si lo respalda una medida de dispersión de las observaciones en torno a él. Cuando se quiere conocer la dispersión de una variable, lo que se intenta es obtener una medida, que indique el mayor o menor grado en que están dispersos los datos.

**CRITERIOS PARA RECHAZO DE OBSERVACIONES DISTANTES**

**TABLA No. 4.1**

Estadístico	No. de observaciones	Percentiles máximos						
		.70	.80	.90	.95	.98	.99	.995
r <sub>10</sub>	3	.584	.781	.886	.941	.976	.988	.994
	4	.471	.560	.679	.765	.846	.889	.926
	5	.373	.451	.557	.642	.729	.780	.821
	6	.318	.386	.492	.550	.644	.698	.740
	7	.261	.344	.434	.507	.586	.637	.680
r <sub>11</sub>	8	.318	.385	.479	.554	.631	.683	.725
	9	.288	.352	.441	.512	.587	.635	.677
	10	.265	.325	.409	.477	.651	.597	.639
r <sub>21</sub>	11	.391	.442	.517	.576	.638	.679	.713
	12	.370	.419	.490	.546	.605	.642	.675
	13	.351	.399	.457	.521	.578	.615	.649
r <sub>22</sub>	14	.370	.421	.492	.546	.602	.641	.674
	15	.353	.402	.472	.525	.579	.616	.647
	16	.333	.386	.454	.507	.559	.595	.624
	17	.325	.373	.438	.490	.542	.577	.605
	18	.314	.361	.424	.475	.527	.561	.589
	19	.304	.350	.412	.462	.514	.547	.575
	20	.295	.340	.401	.450	.502	.535	.562
	21	.287	.331	.391	.440	.491	.524	.551
22	.280	.325	.382	.430	.481	.514	.541	
	23	.274	.316	.374	.421	.472	.505	.532
	24	.268	.310	.367	.413	.454	.497	.524
	25	.262	.304	.360	.406	.457	.489	.516

Se le llama la diferencia entre la suma de los divide entre el varianza (S<sup>2</sup>). Si

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

desviación respecto a la media, a cada valor de la variable y la media. cuadrados de las desviaciones se número de términos y se obtiene la al valor de la varianza le extraemos raíz cuadrada, obtenemos la desviación estándar (S).

Donde:

- X<sub>i</sub> = Observación iésima
- X = Media aritmética
- n = Total de las

observaciones

S<sup>2</sup> = Varianza

S = Desviación estándar

Para organizar y distribuir los datos estadísticos, se sigue el método llamado *distribución de frecuencias*, mediante el cual se pueden formar cuadros o tablas resumen de los datos originales; este método consiste en agrupar los valores iguales (series de frecuencias) o agrupar los valores en clases de dos límites prefijados para cada una de ellas (series de clases y frecuencias). Se llama frecuencia (f<sub>i</sub>) al número de veces que se repite cada uno de los distintos valores originales o al número de valores que quedan comprendidos entre los límites de cada clase o grupo respectivamente.

Este procedimiento, por lo tanto, consiste en efectuar una reducción de los datos, debiendo advertirse que en las series de frecuencias, no se pierde información alguna, pues concentra los mismos datos originales, en tanto que en las series de grupos y frecuencias, se lleva implícita una pérdida de información, misma que va en función del grado de reducción realizado.

Una serie de frecuencias puede construirse solamente en aquellos casos en que la información consta de muchas observaciones, pero la variable toma un número reducido de valores distintos. En estos casos, basta considerar en una columna los valores distintos ( $x_i$ ) que existen en los datos originales y efectuar cada uno de ellos por su frecuencia.

En las series de frecuencias, como en las de clases y frecuencias, se denominan frecuencias acumuladas ( $F_i$ ) a la suma sucesiva de las frecuencias.

En relación con las frecuencias, es posible y generalmente útil, presentarlas en términos relativos, calculando la proporción que del total de observaciones corresponde a cada valor distinto de la variable o a cada clase, lo cual produce las llamadas frecuencias relativas ( $h_i$ ), que se obtienen dividiendo cada frecuencia particular entre la suma de las frecuencias. Las frecuencias relativas también pueden acumularse produciendo las frecuencias relativas acumuladas ( $H_i$ ).

El proceso de condensar o reducir los valores observados se denomina tabulación, y el resultado de una tabulación es un cuadro o una tabla estadística, que presenta en forma ordenada y sistemática, un conjunto de datos numéricos. La tabulación puede efectuarse en forma manual, o mediante procesos mecánicos o electrónicos, todo depende del volumen de la información.

El propósito de la reducción de datos es presentar en forma reducida y ordenada los valores de la variable observados, lo cual hemos efectuado en esta primera fase, y que nos permite aprovechar toda la información y obtener una visión más amplia que con los datos originales dispersos. Ya teniendo esta ordenación, puede procederse a elaborar otras columnas en la tabla, para aumentar el material con fines de análisis, siendo posible elaborar las columnas de las frecuencias acumuladas ( $F_i$ ), de frecuencias relativas ( $h_i$ ) y de frecuencias relativas acumuladas ( $H_i$ ).

Es conveniente tener mucho cuidado al determinar el número de clases en que se van a agrupar los datos, y la amplitud del intervalo de valores que cubre cada clase. A la distancia, entre los límites inferiores y superiores de cada clase se le llama intervalo de clase. El tamaño del intervalo de clase depende de la amplitud que abarquen los valores de la variable y de la cantidad de observaciones.

Generalmente para el agrupamiento de datos en clases, se siguen las próximas reglas:

- a) Las clases deben de formarse de tal modo, que todos los datos se puedan incluir.
- b) Debe asegurarse de que cada valor observado pueda ubicarse en una única clase, hay que evitar confusiones entre límites superiores e inferiores, pues entre clases sucesivas pueden existir valores que provoquen indecisión al clasificarlos.
- c) Es aconsejable que siempre que sea posible, los intervalos de clase se tomen de igual amplitud.

El número preciso de clases que ha de adoptarse para una variable determinada, depende muchas veces del juicio personal y de otras consideraciones relativas a la construcción de distribuciones de frecuencias, ante esta situación, se puede acudir como un auxiliar a la regla de Sturges, como guía para la determinación del número aproximado de clases.

Regla de Sturges:  $m = 1 + 3.3 \log n$

En donde:  $m$  = número aproximado de clases

$n$  = número total de observaciones

Después de que se ha determinado el número de clases o grupos, debe de obtenerse el rango, amplitud o recorrido de la variable, que es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo observado en los datos originales. Posteriormente, al dividirse la amplitud entre el número de clases se obtiene el valor del intervalo de clase ( $I$ ):

$$I = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m}$$

Ya teniendo el número de clases y el valor de intervalo, podemos elaborar nuestra distribución de clases y frecuencias, la cual se construye tomando primeramente el valor mínimo de los datos

observados, o el que resultara si se hace una ampliación del recorrido de la variable, el cual constituirá el límite inferior de la primera clase, para obtener el límite superior de dicha clase, simplemente sumamos el valor del intervalo al valor del límite inferior; para obtener los límites de las clases restantes, procedemos a sumar en forma sucesiva el valor de intervalo.

Cuando ya se tienen bien definidas las clases con sus respectivos límites, se procede a determinar las frecuencias ( $f_i$ ) de cada clase, las cuales se obtienen mediante el conteo de los datos que le corresponden a cada clase.

Cuando ya se ha fijado el número de clases, el siguiente paso para la construcción de la distribución de frecuencias es la determinación del tamaño del intervalo de clase, el cual se obtiene dividiendo el recorrido o amplitud entre el número de clases.

Ya construida nuestra distribución de clases, se acumulan o se relacionan las frecuencias para obtener las columnas ( $F_i$ ) de frecuencias acumuladas, ( $H_i$ ) de frecuencias relativas acumuladas, además, si multiplicamos las frecuencias relativas ( $h_i$ ) por 100, obtenemos cifras porcentuales de cada clase respecto del total de observaciones. Si sumamos el límite inferior y el límite superior de cada clase y lo dividimos entre dos, obtenemos el llamado punto medio o marca de clase.

Para este caso, se seleccionará como tasa real de llegadas al punto medio marca de clase que contenga una frecuencia absoluta o frecuencia relativa más alta.

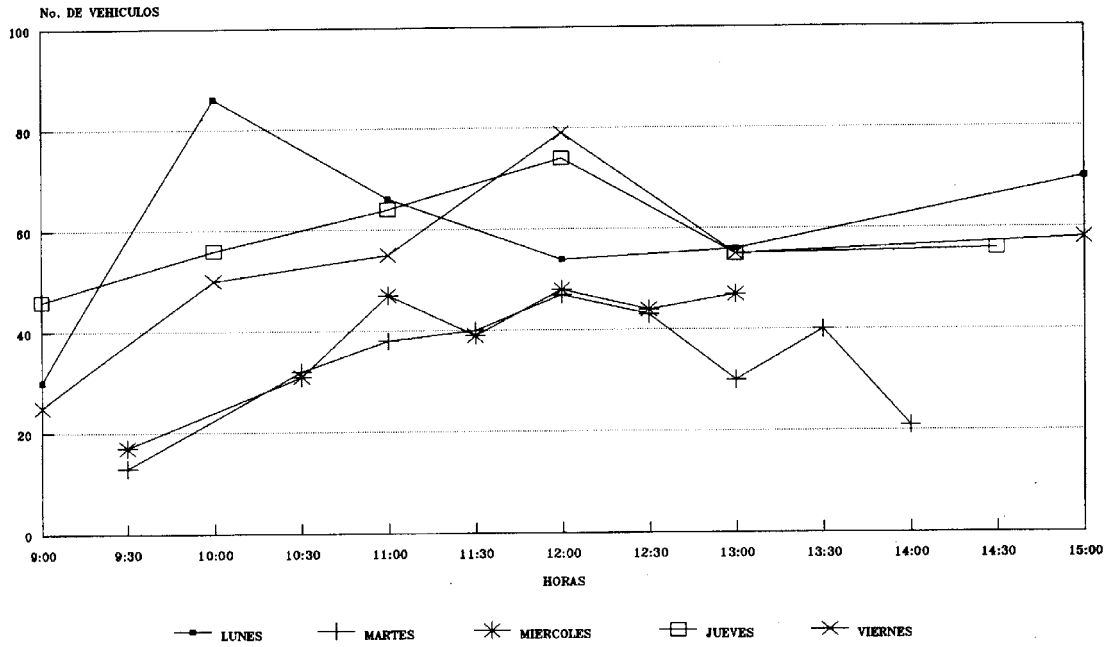
### 4.3. Ejemplo de aplicación

Con la finalidad de presentar un ejemplo práctico de la metodología descrita en los incisos anteriores, se realizaron observaciones en un período de 8 hrs., las cuales se muestran en la tabla 4.2, con estas se realizó un histograma de llegadas de vehículos recolectores. (figura 4.1)

**TABLA 4.2**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9:00	31			46	25
9:30		13	17		
10:00	86			56	50
10:30		32	31		
11:00	66	38	47	64	55
11:30		40	39		
12:00	54	47	48	74	79
12:30		43	44		
13:00	56	30	47	55	55
13:30		40			
14:00		21			
14:30				56	
15:00	70	27			58

**Gráfica 4.1**  
**Histograma de llegadas de los vehículos recolectores**



Ordenamiento de los datos

**TABLA 4.3**

Elemento	No. de viajes	Elemento	No. de viajes
1	13	19	47
2	17	20	48
3	21	21	50
4	25	22	54
5	27	23	55
6	30	24	55
7	31	25	55
8	31	26	56
9	32	27	56
10	38	28	56
11	39	29	58
12	40	30	64
13	40	31	66
14	43	32	70
15	44	33	74
16	46	34	79
17	47	35	86
18	47		





Elementos rechazados en la cola inferior para una confiabilidad de 95 %

ELEMENTO	VALOR
1	13
2	17
3	21

Elementos rechazados en la cola superior para una confiabilidad de 95 %

ELEMENTO	VALOR
33	74
34	79
35	86

Para la realización del análisis estadístico tenemos la tabla 4.5

**TABLA 4.5**

Elemento	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	25	-21.55	464.4
2	27	-19.55	382.2
3	30	-16.55	273.9
4	31	-15.55	241.8
5	31	-15.55	241.8
6	32	-14.55	211.7
7	38	-8.55	73.1
8	39	-7.55	57.0
9	40	-6.55	42.9
10	40	-6.55	42.9
11	43	-3.55	12.6
12	44	-2.55	6.5
13	46	-0.55	0.3
14	47	0.45	0.2
15	47	0.45	0.2
16	47	0.45	0.2
17	48	1.45	2.1
18	50	3.45	11.9
19	54	7.45	55.5
20	55	8.45	71.4
21	55	8.45	71.4
22	55	8.45	71.4
23	56	9.45	89.3
24	56	9.45	89.3
25	56	9.45	89.3
26	58	11.45	131.1
27	64	17.45	304.5
28	66	19.45	378.3
29	70	23.45	549.9
	S 1,350		S 3,967.1

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1,350}{29} = 46.55$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} = \frac{3,967.1}{29} = 136.8$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{3,967.1}{29}} = \sqrt{136.8} = 11.7$$

Para la determinación de la distribución de frecuencias se realiza la tabla 4.6, para identificar la marca de clase que tenga mayor frecuencia. Primeramente se aplica la regla de Sturges para definir el número de rangos o clases en las que se pueden dividir los valores observados, así como la amplitud o rango de éstos.

$$m = 1 + 3.3 \log n = 1 + 3.3 \log (29) = 5.83 \approx 6$$

$$l = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{m} = \frac{70 - 25}{6} = \frac{45}{6} = 7.5$$

**TABLA 4.6**

CLASE	RANGO	f <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	h <sub>i</sub>	H <sub>i</sub>	MARCA DE CLASE
1	25.0-32.5	6	6	0.207	0.207	28.75
2	32.6-40.1	4	10	0.138	0.345	36.35
3	40.2-47.7	6	16	0.207	0.552	43.95
4	47.8-55.3	6	22	0.207	0.759	51.55
5	55.4-62.9	4	26	0.138	0.897	59.15
6	63.0-70.5	3	29	0.103	1.000	66.75

En este caso tenemos 3 rangos con la misma frecuencia de ocurrencia, por ello se elegirá el rango número 4, ya que esta sería la situación más desfavorable que se tendría con la estación de transferencia, además de cubrir el 75% del número de viajes que llegan al sitio.

Tasa real de llegadas = 51.55 » 52 vehículos/hr.

Ahora se realiza la revisión de la infraestructura propuesta para verificar que ésta pueda dar servicio a la tasa real de llegadas de vehículos recolectores a la estación de transferencia.

Para esto tenemos los siguientes datos:

Tiempo de servicio  $T = 0.187$  hr

El número de ranuras de 4 tolvas  $X_4 = 3$

Por lo tanto esta estación cuenta con los siguientes servidores  $S = 12.08$

Aplicando la fórmula, se tiene el número de vehículos recolectores por hr. por ranuras de 4 tolvas

$$SM_4 = \frac{1}{0.187} = 64.17 \text{ vehículos/hr.}$$

$$SM_{\text{tot}} = 64 \text{ vehículos/hr.} \quad M_{\text{prom}} = 5.35 \text{ vehículos}$$

Considerando una eficiencia de la estación de 85 % se tiene:

$$\frac{SM_{\text{tot}}}{S} = 0.85 \quad \frac{M_{\text{prom}}}{S} = 0.85 \quad @ = 0.85 (12) = 10.20$$

Se calcula la tasa promedio de llegadas de recolectores, que es igual a:

$$L = \frac{SM_{\text{tot}}}{@} = \frac{64}{0.85} = 54.55 \text{ vehículos/hr}$$

Cálculo de la probabilidad que el sistema esté ocioso ( $P_0$ ),

$$P_o = \left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda)^n}{n!} + \frac{(\lambda)^s}{s!(1 - \frac{\lambda}{s})} \right]^{-1}$$

$$P_o = \left[ \sum_{n=0}^{11} \frac{(10.20)^n}{n!} + \frac{(10.20)^{12}}{12!(1-0.85)} \right]^{-1}$$

$$P_o = \left[ \sum_{n=0}^{11} \frac{(10.20)^n}{n!} + \frac{1.268 \times 10^{12}}{71,850,240} \right]^{-1}$$

$$P_o = \left[ \sum_{n=0}^{11} \frac{(10.20)^n}{n!} + 17,651.184 \right]^{-1}$$

Realizando la sumatoria, se tiene:

1

---- = 35,779.00

Po

Po = 2.79 X 10<sup>-5</sup>

El número de clientes esperados en la cola

$$L_q = \left[ \frac{(\lambda)^{s+1}}{(s-1)!(s-\lambda)^2} \right] P_o$$

$$L_q = \left[ \frac{(10.20)^{13}}{(12-1)!(12-10.20)^2} \right] 2.79 \times 10^{-5}$$

$$L_q = \left[ \frac{1.294 \times 10^{13}}{129,330,432} \right] 2.79 \times 10^{-5}$$

Lq = 2.80

Número de clientes esperados en el sistema

Ls = Lq + @

Ls = 2.8 + 10.2

Ls = 13.00

Tiempo estimado en la cola

Lq

Wq =  $\frac{Lq}{L}$

$$Wq = \frac{2.8}{54.55}$$

$$Wq = 0.05 \text{ hr} = 3.08 \text{ min}$$

Tiempo estimado en el sistema

$$Ws = Wq + \frac{1}{M}$$

$$Ws = 0.05 + \frac{1}{5.35}$$

$$Ws = 0.24 \text{ hr} = 14.30 \text{ min}$$

Considerando un tiempo de recorrido al sitio de Disposición Final ida y regreso de 60.00 min (1.00 hr), y un tiempo de llenado por trailer por ranura de 4 tolvas.

$$TL = 0.37$$

Las unidades de transferencia requeridas por ranura de 4 tolvas  
tiempo de recorrido

$$U = \frac{\text{tiempo de recorrido}}{\text{tiempo de llenado}} \quad (\text{número de ranuras})$$

$$U = \frac{1}{0.37} \quad (3)$$

$$U = 8.1 \gg 9$$

Capacidad real de la estación de transferencia

$$CR = 54.55 \text{ vehículos/hr} \times 8 \text{ hr/turno}$$

$$CR = 436.36 \text{ vehículos/turno}$$

Si se considera la capacidad promedio de vehículos de 4.5 ton/vehículo se tiene que:

$$CR = 436.36 \text{ vehículos/turno} \times 4.5 \text{ ton/vehículo}$$

$$CR = 1,963.62 \text{ ton/turno}$$

Capacidad instalado de la estación de transferencia.

$$CI = 54.55 \text{ vehículos/hr} \times 24 \text{ hr/día}$$

$$CI = 1,309.2 \text{ vehículos/día}$$

$$CI = 1,309.2 \text{ vehículos/día} \times 4.5 \text{ ton/vehículo}$$

$$CI = 5,891.4 \text{ ton/día}$$

## 5. PARÁMETROS DE DISEÑO

---

El presente capítulo contiene una serie de lineamientos técnicos, los cuales deben ser considerados en el diseño de una estación de transferencia con sistema de descarga directa. Es conveniente señalar que en México y en los países de Latinoamérica, este es el sistema de mayor aplicación.

Para seleccionar el tipo de infraestructura que se construirá, es importante no perder de vista el tipo de residuos sólidos que se generan, los cuales presentan variaciones significativas en la composición física en lo referente a residuos alimenticios, así como el contenido de humedad, el cual se estima superior al 50%. Es importante mencionar que el clima es otro factor que incide directamente sobre la descomposición de los residuos sólidos.

La descarga a piso presenta una serie de inconvenientes para este tipo de residuos, debido principalmente a los olores y al alto contenido de humedad, lo cual propicia una deficiente operación.

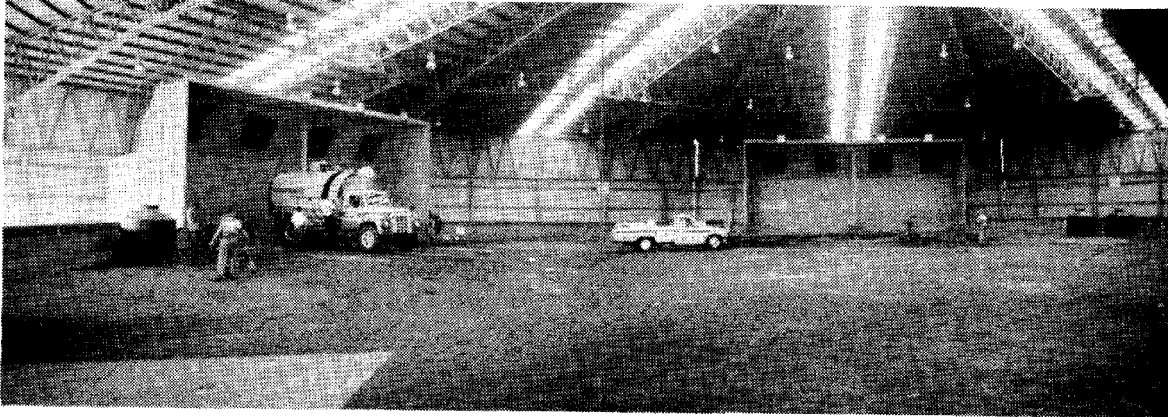
Los criterios vertidos en este capítulo, permitieran ser retomados para su aplicación en futuros proyectos de estaciones de transferencia. En las figuras 5.1 a 5.5 se muestran detalles constructivos de estaciones de transferencia existentes.

### **5.1** *Vialidades exteriores*

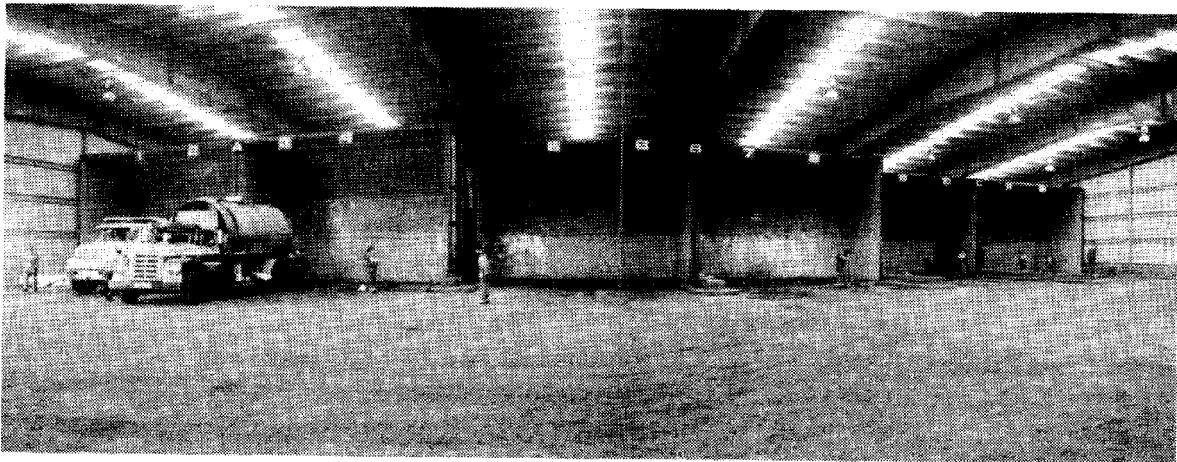
#### **5.1.1** **Adecuaciones geométricas**

Para evitar conflictos en la fluidez vehicular, es necesario realizar estudios y mediciones vehiculares con la finalidad de tener un conocimiento detallado de la infraestructura existente en la zona, permitiendo formular las propuestas de las adecuaciones geométricas que se tendrán que realizar, con la finalidad que los camiones recolectores y los trailers de transferencia circulen sin ningún problema; a continuación se describen los estudios y mediciones requeridas:

**Figura 5.1**  
**Ubicación de líneas de servicio**

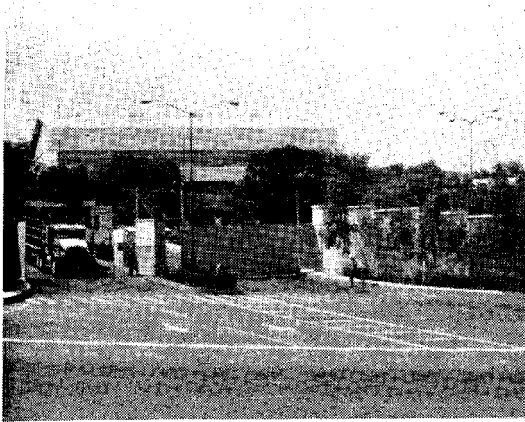


Distribución circular de las líneas de servicio; este acomodo es recomendable cuando el área disponible presenta limitaciones de accesos. Estación de transferencia Benito Juárez, Distrito Federal, México.

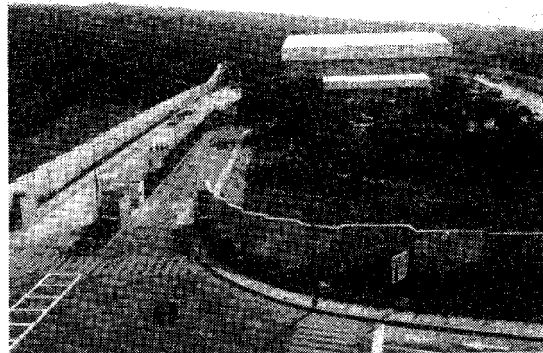


Distribución paralela de las líneas de servicio; este tipo de acomodo es recomendable cuando no se tienen restricciones en cuanto espacio y accesos. Estación de Transferencia Central de Abastos, Distrito Federal, México.

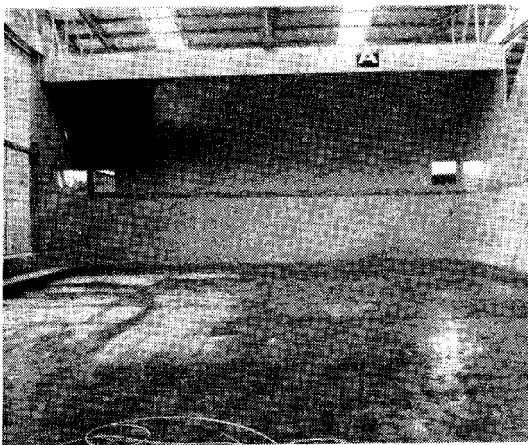
**Figura 5.2**  
**Infraestructura vial**



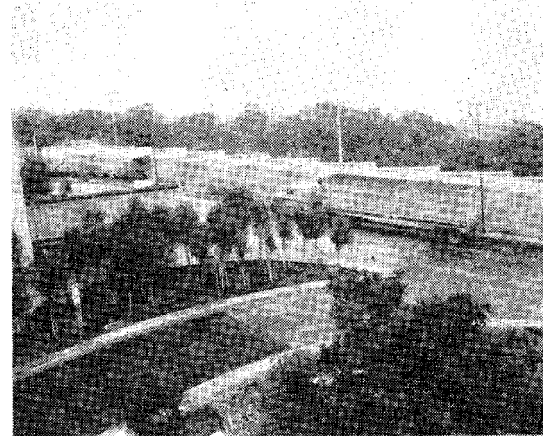
Caseta de control para vehículos recolectores y de transferencia.



Vialidad interior para encolamiento de unidades recolectoras. Se puede observar el carril de desaceleración.

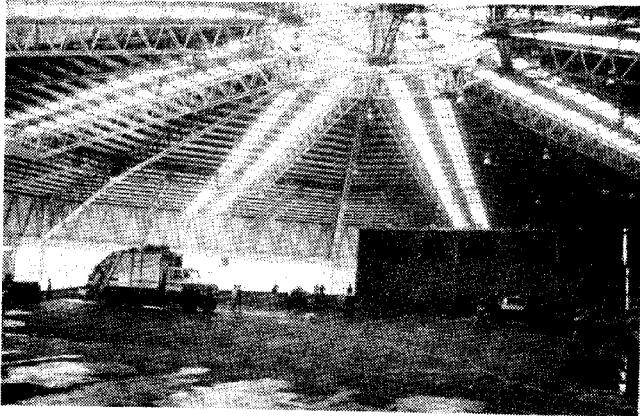


Patio de descarga. Área de maniobras para que los vehículos recolectores se coloquen para descargar.

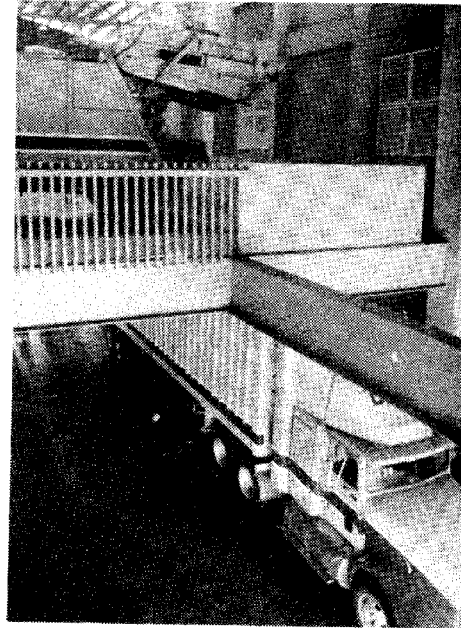


Vialidades internas para acceso a talleres y patio de carga.

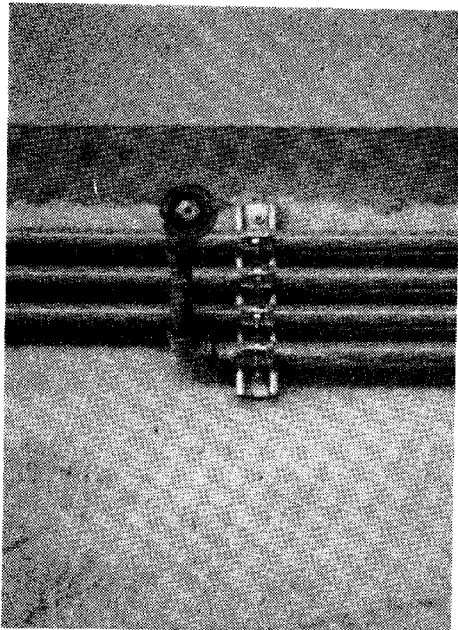
**Figura 5.3**  
**Sistemas de control ambiental**



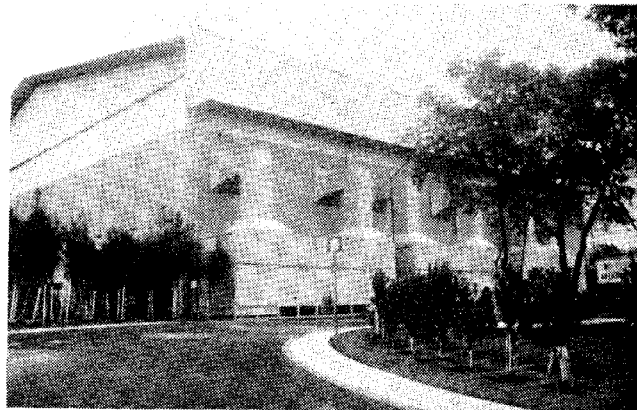
Techumbre de la estación de transferencia.



Ventana de extracción de polvos, este sistema permite que se cuente con un ambiente sin polvos y olores.



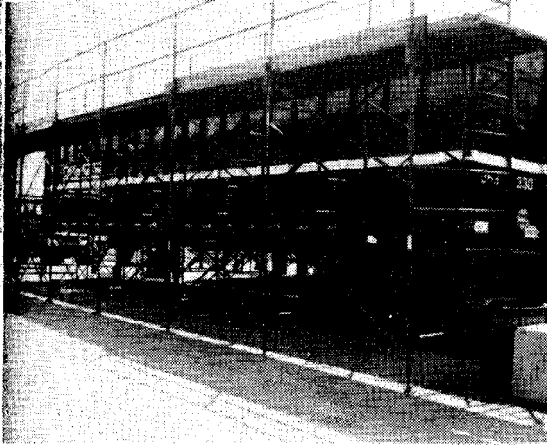
Aspersores para precipitación de polvos.



Equipo de extracción para limpiar el aire de la estación.



**Figura 5.4**  
**Área de despunte y carga de vehículos de transferencia**



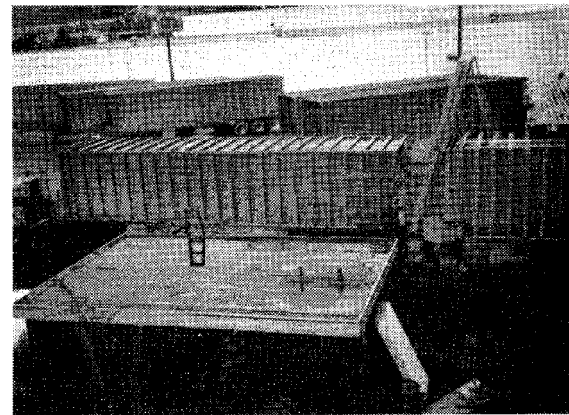
Andamios colocados para realizar el despunte de las cajas de transferencia. Estación de Vancouver, Canadá.



Limpieza de vehículos en el patio de carga. Estación de transferencia Tlalpan Distrito Federal, México.

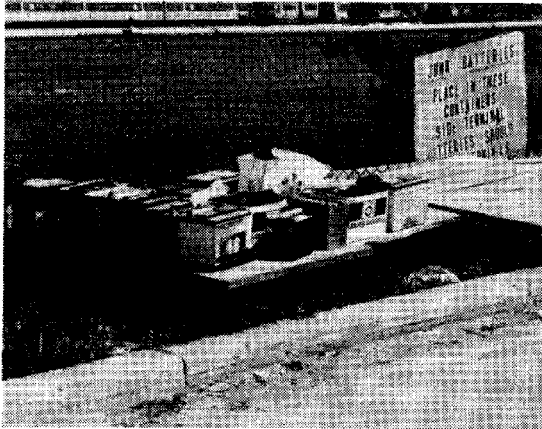


Patio de carga de unidades de transferencia. Estación de transferencia Tlalpan Distrito Federal, México.

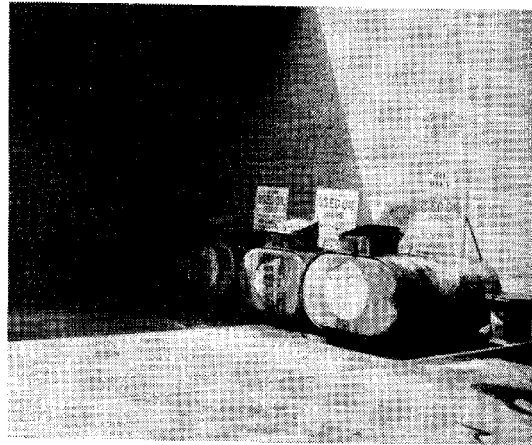


Patio de descarga de cajas de transferencia por medio de un compactador fijo. Estación de Botafogo Río de Janeiro, Brasil.

**Figura 5.5**  
**Instalaciones complementarias en la Estación de**  
**Transferencia de Montgomery, Alabama, E.U.A.**



Área destinada para baterías inservibles de automóviles



Tanques para depósito de aceite usado.



Líneas de servicio exclusivas para vehículos particulares



Contenedores para la recepción de subproductos reciclables, esta práctica permite reducir el pago de los usuarios por el servicio de transferencia.

- **Levantamientos topográficos**

Se realizará un levantamiento del estado actual de la zona, donde se indicará la información referente a los arroyos y banquetas, así como accidentes topográficos y/o físicos existentes, complementándose dicha información con la ubicación de postes, señales, árboles y retornos. Este levantamiento deberá tener un área de influencia que enlace la estación de transferencia con la red vial primaria.

- **Aforo vehicular**

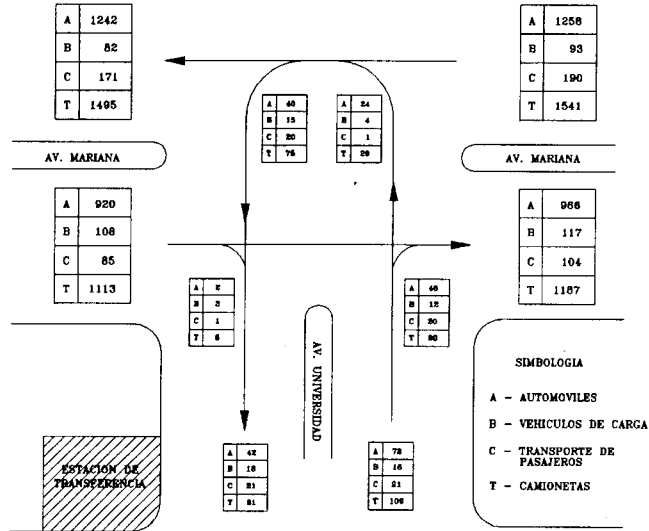
Se obtendrá la información referente a los movimientos vehiculares y direccionales, sobre todo en las horas pico de las vialidades circundantes al sitio donde se ubicará la Estación de Transferencia, esto con el fin de determinar el impacto vehicular que se tendrá en la zona. En la figura 5.6 se observa un ejemplo de una medición realizada.

**Señalización y semaforización**

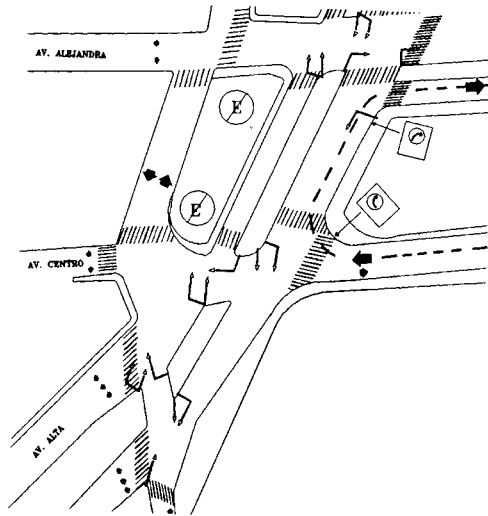
Se realizará un levantamiento que contendrá la información referente al número, ubicación y tipo de señalamiento tanto horizontal como vertical, así mismo se obtendrá el tiempo de la programación de los semáforos.

La señalización vertical a la que nos referimos, consiste en algunos de los siguientes ejemplos: señales de vuelta continua, no paso de frente, paso peatonal, restricción de velocidad, incorporación a vialidad próxima, parada de vehículos del servicio colectivo; algunos ejemplos de este tipo de señalamiento se ilustran en la figura 5.7.

**Figura 5.6**  
**Aforo vehicular**



**Figura 5.7**  
**Señalización y semaforización**



La señalización horizontal comprende algunos de los siguientes ejemplos: líneas conductoras de pasos peatonales, flechas de sentido de circulación, líneas dobles para vehículos de transporte colectivo, líneas separadoras de carril, cajones para vehículos de transporte público ubicando la parada, leyendas tales como "Precaución zona escolar" etc.

### 5.1.2 Carril de desaceleración

Se refiere a la vialidad por donde ingresan a la estación de transferencia los vehículos recolectores y de transferencia. Esta vialidad debe quedar adyacente a la que pasa frente a la entrada de la estación.

La finalidad de esta vialidad es la de no entorpecer la circulación, así como para disminuir la velocidad de los vehículos recolectores y de transferencia antes de pasar al área de acceso de la Estación. (Figura 5.8).

El ancho del carril será de 4.0 m. que es el ancho máximo que se da para vehículos de transferencia. La longitud recomendada será de 100 ml. considerando una velocidad de ingreso de 50 km/hr.

## 5.2 Vialidades interiores

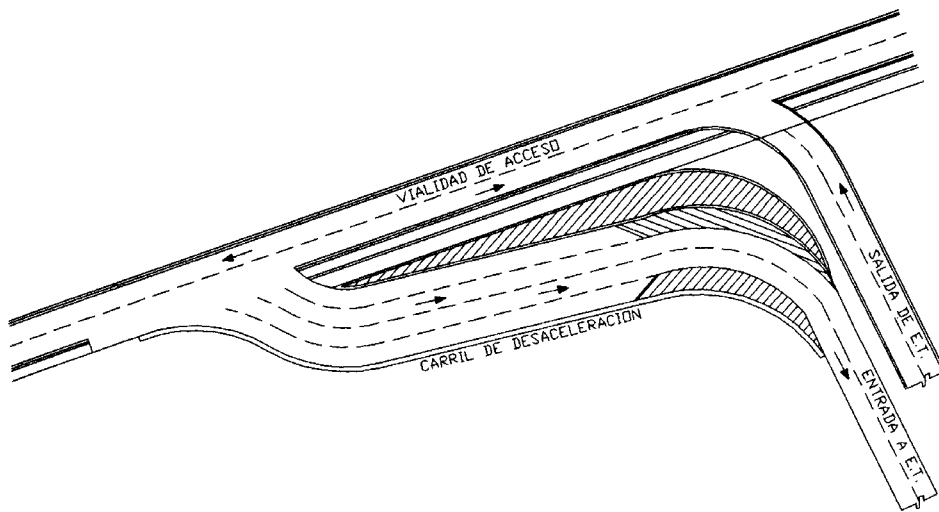
### 5.2.1 Carril de encolamiento

Será un sitio exprofeso para que los vehículos de recolección y de transferencia se estacionen temporalmente esperando su turno ya sea para ingresar al patio de descarga o al túnel de transferencia en el caso de vehículos de transferencia.

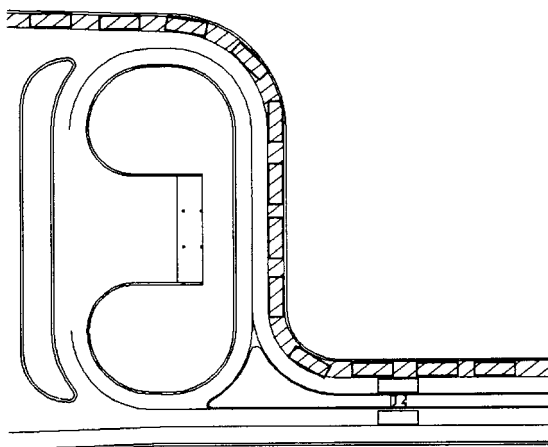
La zona de espera se utilizará para los recolectores en las horas pico que es cuando llega la mayor parte de los recolectores, mientras que los vehículos de transferencia utilizarán el estacionamiento antes y después de estas horas pico. (Figura 5.9).

La ubicación de este carril de encolamiento será justo antes de las rampas de acceso al patio de descarga o al túnel de transferencia. En base a estudios de tiempos y movimiento, se establecerá un número promedio de cajones para vehículos recolectores y vehículos de transferencia. Con la ubicación de este carril dentro del predio se evita crear conflictos en la vialidad exterior.

**Figura 5.8**  
**Carril de desaceleración**



**Figura 5.9**  
**Carril de encolamiento**



### **5.2.2 Rampas**

Las pendientes de las rampas de acceso y salida de la estación de transferencia, tanto para vehículos recolectores como de transferencia, deberán ser inferiores al 8% el cual es considerado como un valor máximo para la pendiente de una rampa. La pendiente ideal sería que por cada 10 metros que se avance, la superficie de rodamiento se elevará o profundizará un metro (Figura 5.10).

No es conveniente emplear pendientes mayores, debido a que habrá más desgaste en los vehículos recolectores los cuales van llenos a un 90% de su capacidad en su tránsito ascendente a lo largo de la rampa, generando con ello una mayor emisión de gases no combustionados dentro de la estación, producto del esfuerzo que realizan los vehículos recolectores al transitar sobre pendientes muy inclinadas.

El ancho de las rampas de acceso y salida para vehículos recolectores será de 3.5 m. mientras que para vehículos de transferencia será de 4.0 m. es conveniente que las rampas cuenten con 2 carriles con el fin de evitar detenciones en la operación de la estación por la descomposición de algún vehículo.

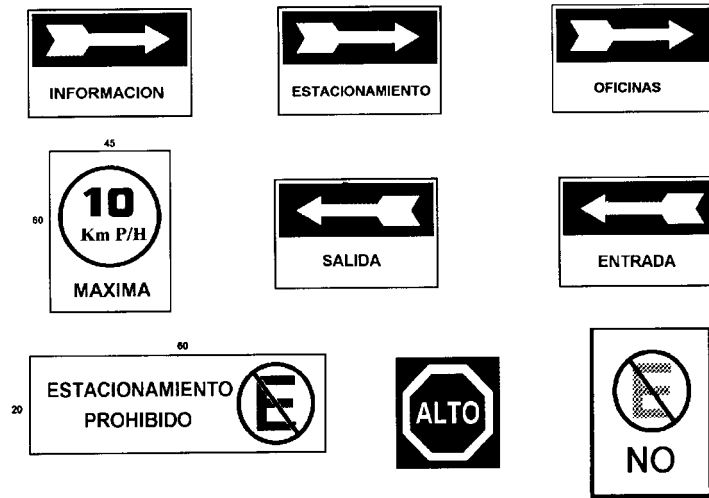
### **5.2.3 Señalización**

Para este caso se realizará una revisión de las diversas áreas pertenecientes a la estación de transferencia, con la finalidad de distribuir y establecer el tipo de señalización a colocar; esta señalización deberá ser colocada en sitios visibles y con alturas apropiadas para que el personal las ubique rápidamente. Dentro de la señalización vertical y horizontal (figura 5.11) que podría utilizarse encontramos:

- Reducción de velocidad, zona de pesaje, zona de encolamiento, zona de descarga, zona de carga, zona de talleres, zona de servicios, zona administrativa, extinguidor, sanitarios, etc.
- Flechas de sentido de circulación, líneas separadores de carril, líneas conductoras de carril, líneas conductoras de pasos peatonales.



**Figura 5.11**  
**Señalización**



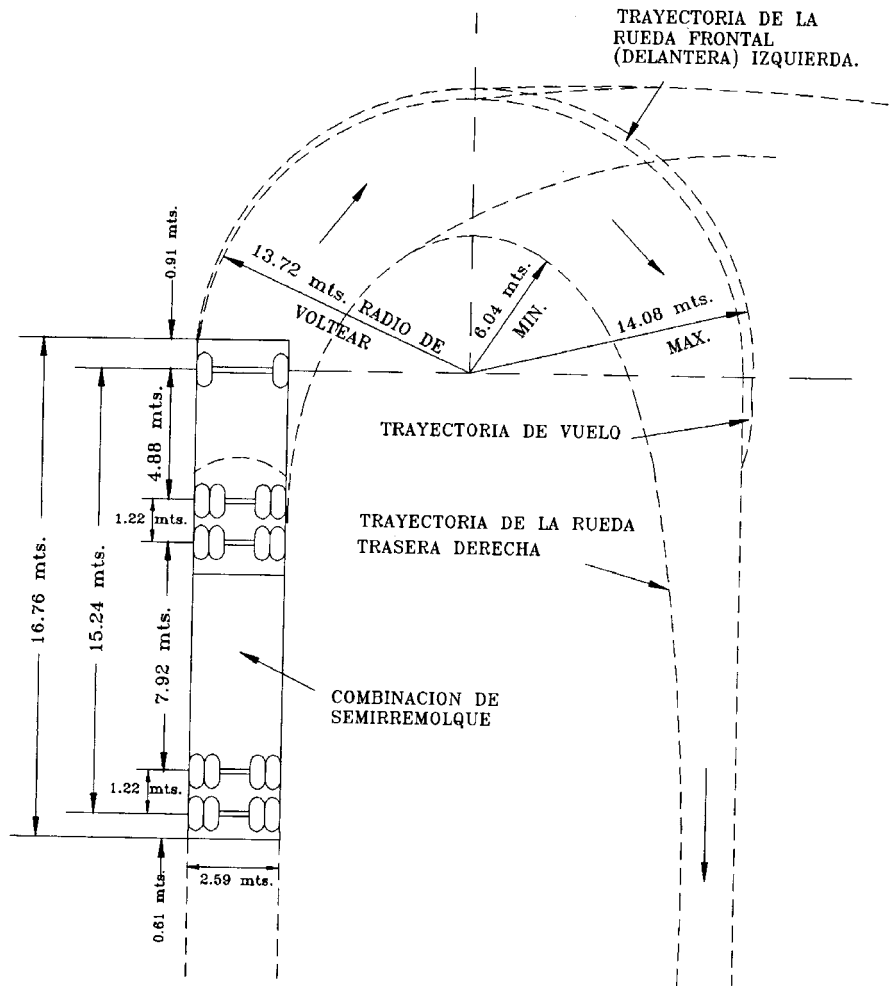
#### **5.2.4 Diseño de vehículos para trayectorias mínimas de voltear y para caminos**

Las clasificaciones de tamaños y cargas de vehículos de motor son importantes en el diseño de caminos por las siguientes razones: los anchos de la vía de tráfico se deben adaptar para el vehículo más ancho (excepto para vehículos de ancho mayor ocasionales, que tienen que llevar señales de precaución). Las cargas de ejes afectan la elección del espesor del pavimento. La base de ruedas influye en la elección de radio mínimo en caminos que hacen intersección; las alturas de vehículos afectan la decisión sobre la altura libre en los pasos inferiores (Figura 5.12).

Un camino planeado para que pasen camiones se adapta a cualquier coche de pasajeros. Así, los vehículos para diseño que se consideran generalmente son una unidad sencilla de camión de carga o autobús; combinación de semiremolque con tractor y la combinación de camión y remolque. Sin embargo, para un camino especificado, el diseño se debe basar en el vehículo más grande esperado, a menos que el vehículo más grande usara el camino tan raramente que el costo agregado de construcción no se justificará. En esos casos, es práctico elaborar el diseño para un vehículo menor y permitir que transiten en forma ocasional vehículos más grandes.



**Figura 5.12**  
**Diseño de radio de giro mínimo**



### 5.3 Zona de descarga de residuos sólidos

#### 5.3.1 Patio de maniobras

Es el sitio que utilizan los vehículos de recolección para realizar sus maniobras de acomodo antes de vertir los residuos transportados en las líneas de atención, las cuales caerán dentro de la carrocería de transferencia.

Un punto importante en el patio de maniobras es el diseño del acceso y salida, con la finalidad de evitar que los vehículos recolectores realicen movimientos innecesarios.

La dimensión de estos patios estará en función del número de líneas de servicio y su distribución dentro de la estación de transferencia, Figura 5.13. En la Tabla 5.1 se muestra una relación de las superficies mínima requerida para determinado número de servidores.

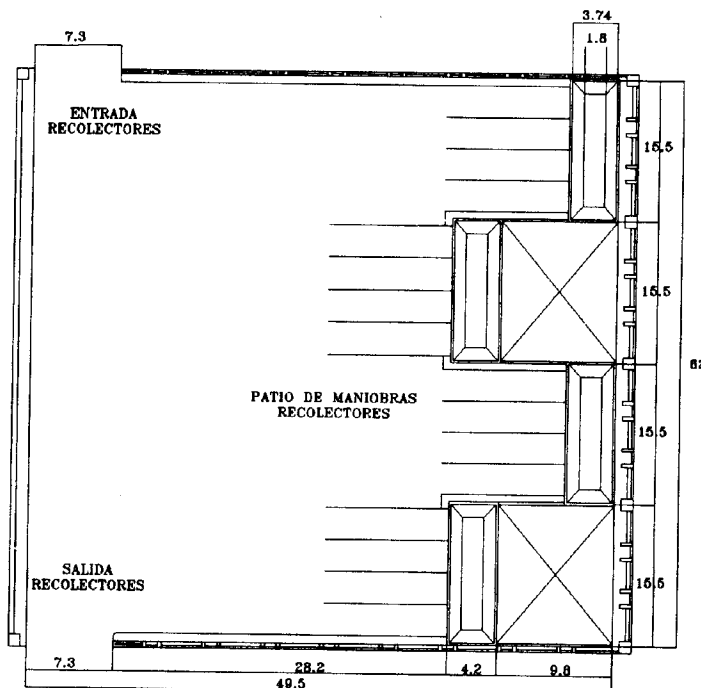
**TABLA 5.1**

línea servicio no. de servidores	patio servicio (superficie mínima propuesta) (m <sup>2</sup> )
1	85
2	170
3	255
4	350

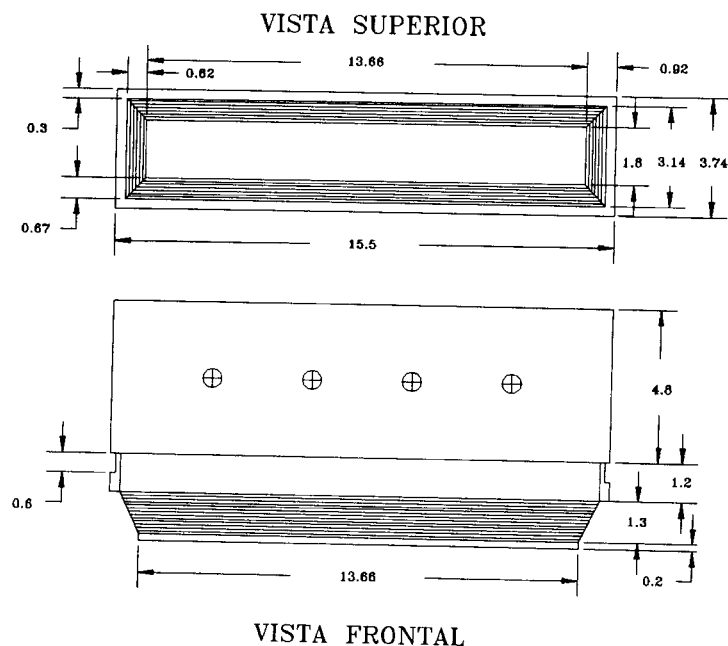
**5.3.2 Líneas de servicio.**

Es el área destinada para que los vehículos recolectores depositen los residuos transportados dentro de los servidores. Las líneas de servicio constan de 4 servidores (tolvas), este criterio se estableció considerando la longitud de la caja de transferencia con lo que se estará en posibilidad de descargar 4 camiones simultáneamente, ver(Figura 5.14).

**Figura 5.13  
Patio de maniobras**



**Figura 5.14**  
**Líneas de servicio**



En la Tabla 5.2 se mencionan algunas de las dimensiones principales mínimas que se deben tener para un número dado de servidores.

**TABLA 5.2**

concepto	1 servidor M	2 servidores M	3 servidores M	4 servidores M
Longitud mayor	4	8	12	16
Longitud menor	2	6	10	14
Ancho mayor	3.7	3.7	3.7	3.7
Ancho menor	1.7	1.7	1.7	1.7
Altura	0.6	0.6	0.6	0.6
Inclinación paredes	45°	45°	45°	45°
Altura de capuchón	6.0	6.0	6.0	6.0

Se deberá instalar un tope a lo largo de la ranura para evitar que los vehículos recolectores caigan en el servidor.

Las líneas de servicio en su parte inferior deberán contar con un sistema que evita la dispersión de los residuos, para lo cual se le colocará una cortina de neopreno en el perímetro de la ranura.

La altura libre entre la parte baja de la tolva y la superficie de rodamiento de los vehículos de transferencia deberá ser de 4.30 metros. Es importante se verifique este dato de acuerdo al tipo de equipo a emplear.

## 5.4 Zona de carga

### 5.4.1 Patio de carga

Es el sitio en el cual se realizan las maniobras de acomodo y circulación de los vehículos de transferencia. Su ubicación está por debajo de las líneas de servicio, la altura estará en función del tipo de caja de transferencia a emplear.

Este patio debe ser amplio y capaz de soportar fuertes cargas dinámicas ya que sobre el actuarán vehículos de transferencia.

La dimensión de estos patios estará en función del número de líneas de atención existentes en la estación, más un carril adicional para la circulación de los vehículos de transferencia. Los accesos a este patio se deberán diseñar de manera que no se realicen movimientos innecesarios para entrar al túnel de cargas. Para fines de dimensionamiento se considerará una dimensión unitaria por carril de 4.0 metros como máximo. La distancia entre la pared del patio y el vehículo de transferencia deberá de ser de 0.60 metros.

## **5.5 Servicios Generales**

### **5.5.1 Oficinas**

Es el lugar destinado para el personal que opera la estación de transferencia y donde se realizarán labores de organización y administración. (Figura 5.15)

El área administrativa incluye las siguientes áreas:

- Privado del jefe de estación
- Área de recepción
- Área de espera
- Área secretarial
- Área administrativa
- Área control de personal
- Área sanitarios y vestidores
- Área de archivo y papelería
- Área de intendencia

### **5.5.2 Talleres**

Es un área que cuenta con el equipo e instalaciones necesarias para realizar reparaciones menores y mantenimiento rutinario de los vehículos de transferencia. Dentro de estas instalaciones se ubicará el área de mantenimiento y conservación de la Estación de Transferencia (Figura 5.16).

La zona de talleres incluye las siguientes áreas:

- Área de reparaciones menores
  - x Vulcanizado
  - x Cambio de aceite
  - x Reparaciones eléctricas
  - x Lavado y engrasado
  - x Fosa y rampa
  - x Reparaciones menores en caja y maquinaria
- Mantenimiento y conservación
  - x Reparaciones menores en carpintería, herrería, instalaciones eléctricas, hidráulica y sanitaria.

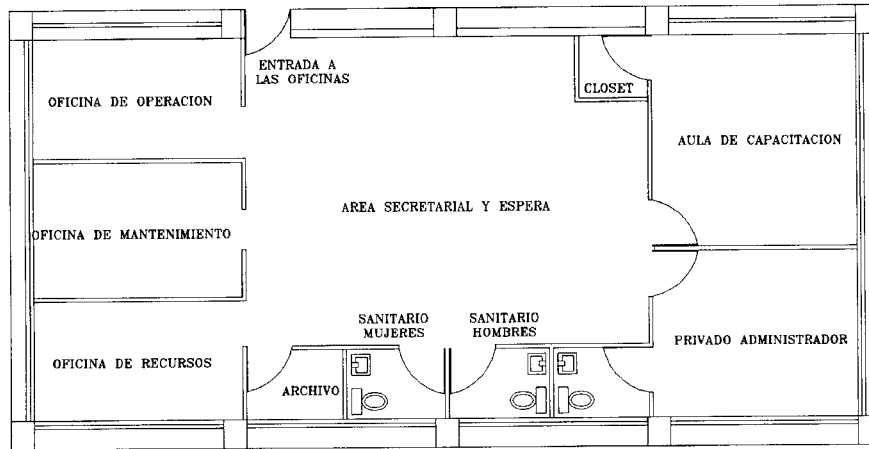
### **5.5.3 Estacionamientos**

Son los sitios destinados para los vehículos al servicio de la estación de transferencia. Entre los vehículos a los que nos referimos están los de recolección, los de transferencia, los del personal que labora en la estación y de los visitantes.

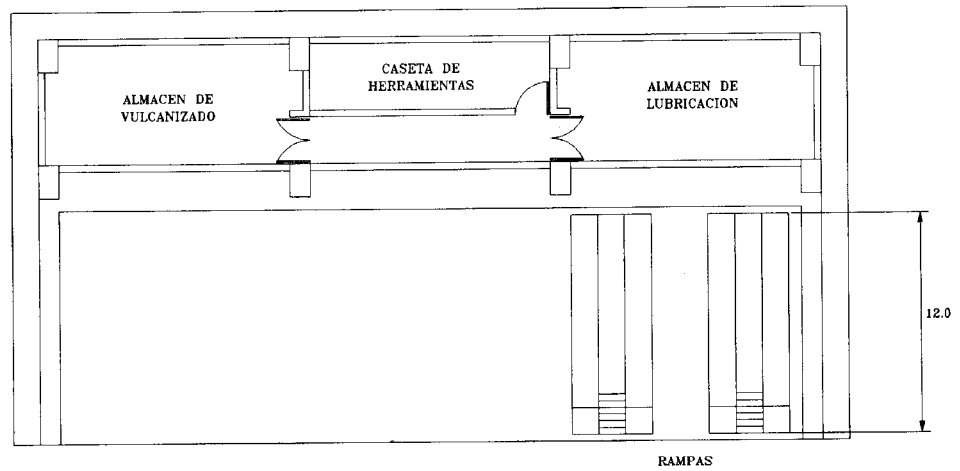
Un punto importante es el destinar áreas exclusivas para cada tipo de vehículos con la finalidad de no utilizar los patios de maniobras o vialidades, lo que entorpecería el buen funcionamiento de la estación.

Conforme a lo dispuesto por el Departamento del Distrito Federal en el reglamento para estacionamientos, en la tabla 5.3 se detalla el largo y ancho que deben tener los cajones para estacionamiento los cuales de acuerdo al reglamento podrán estar orientados a 90° ó 45° (Figuras. 5.17 y 5.18).

**Figura 5.15**  
**Oficinas**

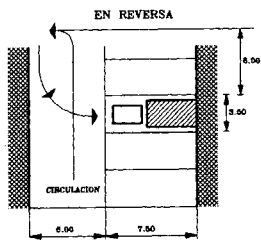
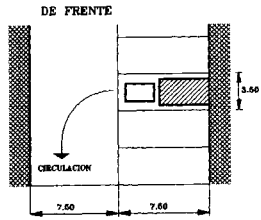


**Figura 5.16**  
**Taller**

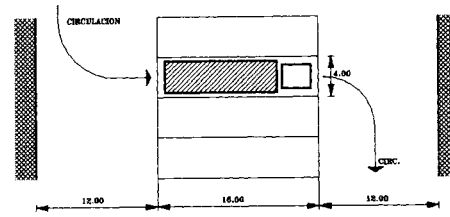
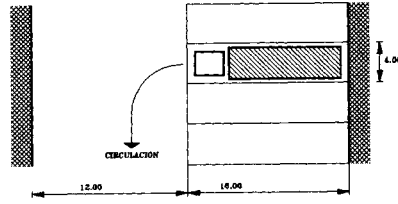


**Figura 5.17**  
**Estacionamientos**

CAMION RECOLECTOR A 90°

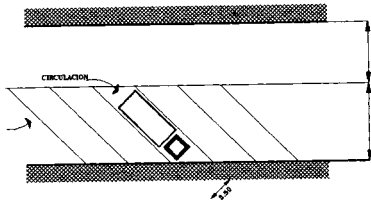
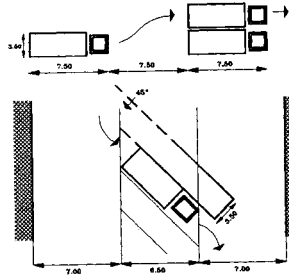


TRANSFERS

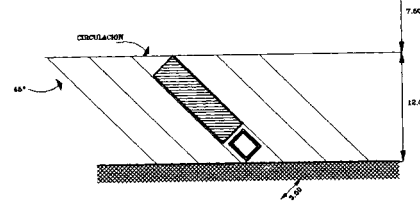
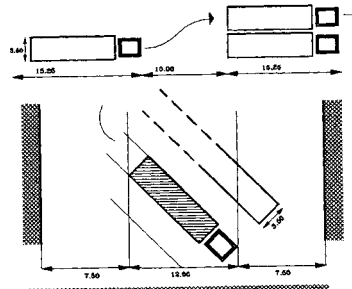


**Figura 5.18**  
**Estacionamientos (1)**

CAMION RECOLECTOR



TRANSFERS



**TABLA 5.3**

Vehículo tipo	Largo (m)	Ancho (m)
Particular	4.0	2.5
Recolector	8.0	3.5
Transferencia	16.0	4.0

Para la orientación de los cajones deberá de considerarse el radio de giro de cada uno de los vehículos.

## 5.6 Obras complementarias

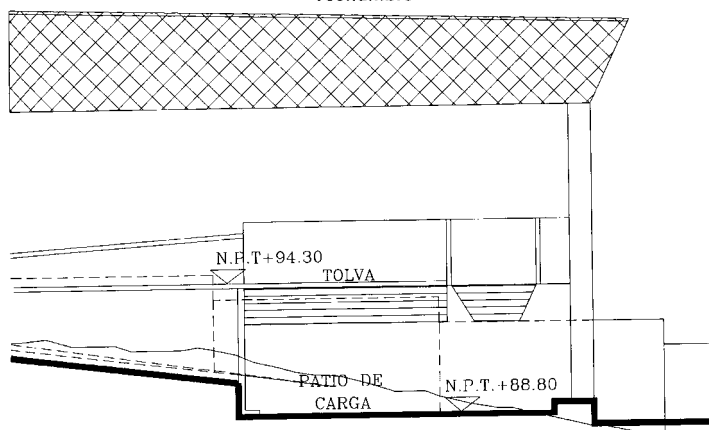
### 5.6.1 Techumbre

La finalidad de la techumbre en la estación de transferencia es una medida de mitigación para evitar la dispersión de polvos, partículas, y humo hacia los alrededores de la estación, así como un aislante acústico que evite la propagación de ruido, el cual en algunos casos rebasa los límites permisibles.

Otra ventaja de la techumbre es en la época de lluvias, cuando los residuos llegan excesivamente húmedos y al momento de transferirlos la lluvia ocasiona que se generen líquidos (lixiviados) produciendo con esto un sobrepeso de los residuos sólidos. (Figura 5.19).

### 5.6.2 Caseta control

**Figura 5.19**  
**Techumbre**



La función de esta caseta es la de llevar un registro y pesaje de los vehículos que ingresan y salen de la estación de transferencia, así como el de vigilancia evitando la entrada de personal y vehículos no autorizados.

La ubicación de esta caseta se localiza en el acceso principal con un área promedio de construcción de 20 m<sup>2</sup> es conveniente que en esta caseta se instale sanitario para el personal que labore.

### 5.6.3 Báscula

Su función es la de registrar el peso y la tara de los diferentes vehículos de recolección y transferencia que ingresan o salen de la estación. El tipo de báscula a emplear es el de plataforma en la cual el vehículo se coloca y por medio de dispositivos electrónicos la lectura llega a una computadora, la que a su vez almacena los datos en su memoria.

La báscula necesita de una pequeña caseta donde se instalará la computadora junto con otros implementos.

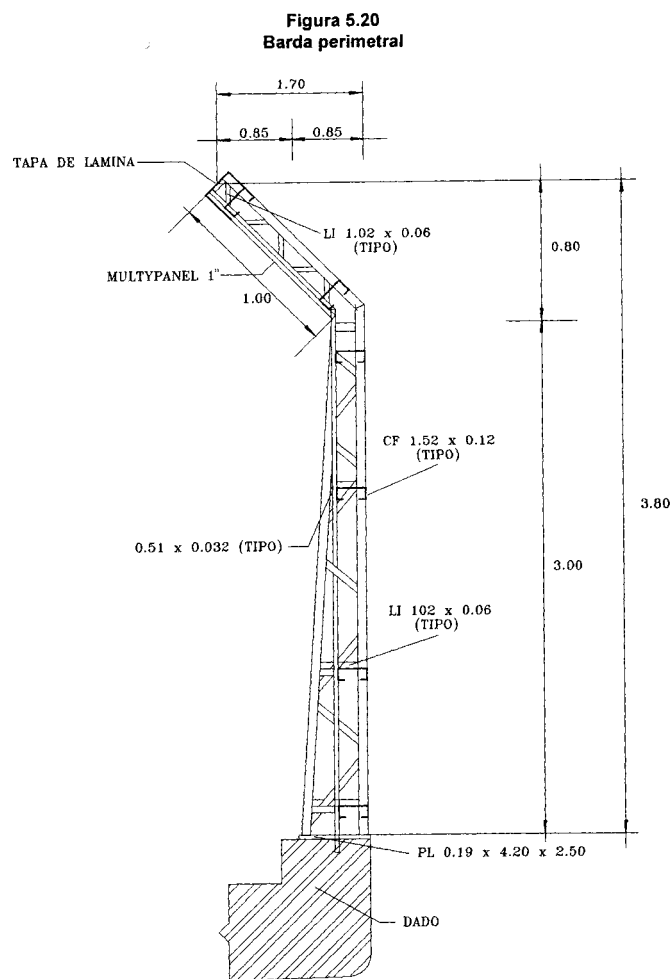
La capacidad de la báscula será de 50 ton. La instalación de este tipo de báscula no requiere de grandes preparativos ya que sólo se necesita un área de 70 m<sup>2</sup> de suelo sin desnivel.

#### 5.6.4 Barda perimetral y barrera visual

La función de ambas es la de limitar el perímetro de la estación, dando un aspecto exterior estético y agradable de la instalación.

La barda perimetral se construirá utilizando panel W-11 el cual es un magnífico aislante acústico, la altura promedio de la barda es de 6 metros.

Las barreras visuales pueden ser de árboles tanto afuera como dentro de la estación de transferencia para evitar que las actividades de la estación sean vistas por los vecinos y con esto crear un clima de desconfianza en la comunidad (Figura 5.20).





## 5.7 Controles ambientales

### 5.7.1 Aspersores y extractores

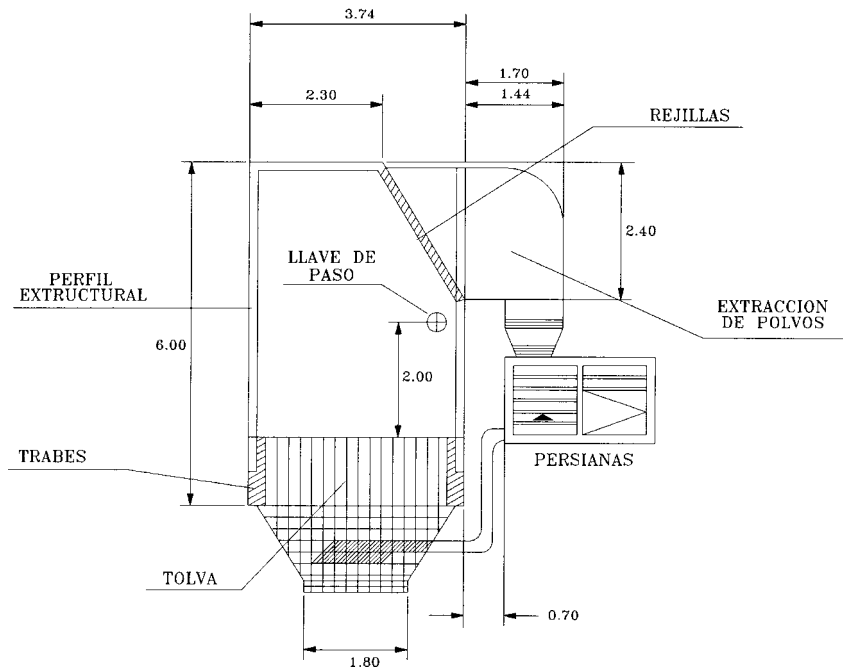
Son equipos que mitigan la propagación de polvos, partículas, y humos dentro de las áreas del patio de maniobras, líneas de servicio, patio de carga, etc, que afectan el sistema respiratorio de los trabajadores que laboran en la estación.

Los aspersores se utilizan para controlar la suspensión y emisión de polvos, mediante un sistema de atomización con agua adicionada con un reactivo desinfectante.

Esta atomización se puede efectuar con un sistema de boquillas alimentadoras con agua presurizada mediante un compresor, o por medio de llaves de paso rápido individual colocando 4 por línea de servidor con una altura de 2 metros a partir del patio de maniobras.

Los equipos de extracción son utilizados para limpiar el aire en las áreas antes mencionadas y son colocados en la parte superior del capuchón de la línea de servicio, así como en la parte final de la misma. El procedimiento es colocar rejillas en los sitios antes mencionados y por medio de una campana extractora trasladar los polvos, humos y partículas fuera de la línea de servicio (Figura 5.21).

**Figura 5.21**  
**Equipo de extracción**



## 6. SELECCIÓN Y REVISIÓN DEL EQUIPO DE TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE

---

### 6.1 Selección del equipo de transferencia y transporte

Considerando las características generales con que normalmente cuentan todos los equipos de transferencia, fue posible determinar el peso de cada uno de los componentes de las unidades, como se muestra en la tabla 6.1. Cabe mencionar que estos datos son para un vehículo de transferencia con caja abierta de 70 m<sup>3</sup> de capacidad.

Así mismo en la figura 6.1 se presenta gráficamente, la distribución de descargas para el tipo de vehículo considerado.

**PESO DE LOS COMPONENTES DE LA UNIDAD  
DE TRANSFERENCIA CONSIDERADA  
(Kg)**

**TABLA 6.1**

ELEMENTO	PESO (Kg)
CHASSIS (ESTIMADO)	9,000
CARROCERIA (ESTIMADO)	13,000
RESIDUOS SOLIDOS (ESTIMADO)	20,000
PESO BRUTO COMBINADO (MINIMO REQUERIDO)	54,000

#### 6.1.1 Características y funcionalidad del equipo

Este equipo esta compuesto por un tractocamión y por su respectiva carrocería que en este caso es un remolque, el cual puede ser abierta o cerrada.

##### a) Carrocería abierta

En este tipo de carrocería pueden descargar hasta 4 vehículos recolectores simultáneamente, el tiempo de llenado es más corto con respecto a la carrocería cerrada, una desventaja es que no cuenta con sistema de compactación, por lo tanto, el peso volumétrico de los residuos es muy bajo. Para este tipo de carrocerías existe una gran variedad de sistemas para descargar los residuos, entre los más utilizados están los mecanismos de cadena, plataforma viva y volteo.

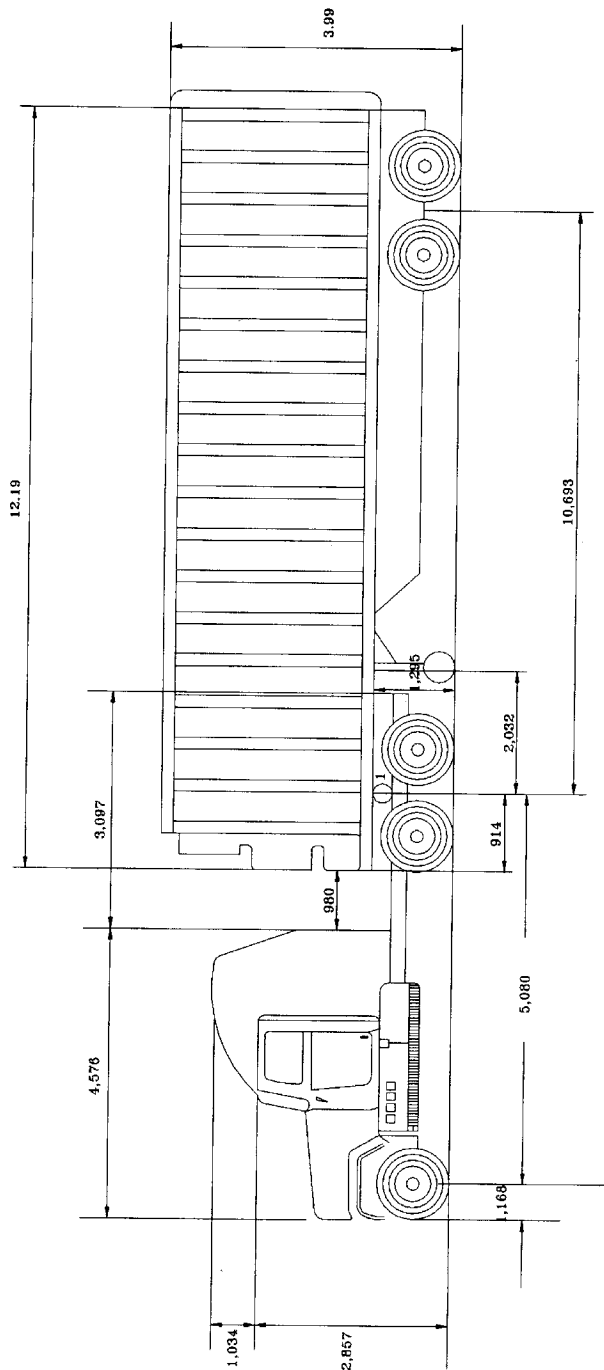
Los mecanismos de cadena y plataforma viva son colocados a todo lo largo del piso de la carrocería, de estos, el mecanismo más frágil es el de plataforma viva ya que no se pueden descargar residuos de construcción directamente, debido a que se dañan las tabletas que dan movimiento al equipo.

##### b) Carrocería cerrada

En esta carrocería sólo puede descargar un vehículo a la vez, esto debido a que la carrocería cuenta con sistema de compactación, el cual es activado cada vez que termina de descargar un vehículo, por lo cual el tiempo de llenado es considerable. Debido a la compactación el peso volumétrico de los residuos es más alto que el de una caja abierta, esta carrocería al contar con sistema de compactación no necesita otro mecanismo para la descarga de residuos, ya que utiliza la placa compactadora para expulsar.

El compactado de los residuos por estas carrocerías generan malos olores así como el escurrimiento de los líquidos que los contienen, los cuales no son captados por estas carrocerías y van a dar al drenaje.

**Figura 6.1**  
**Dimensionamiento del equipo de transferencia seleccionado**

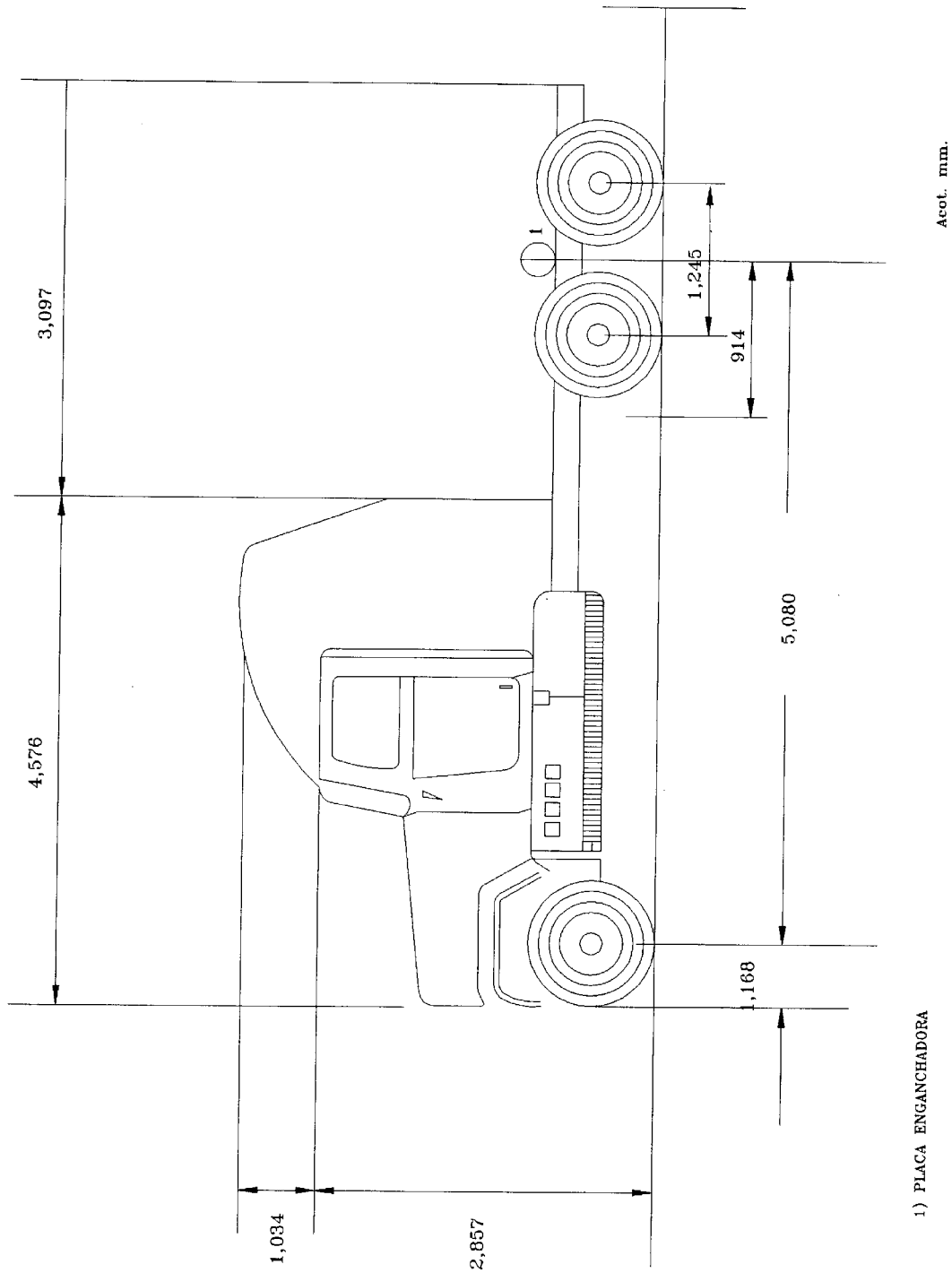


1) PLACA ENGANCHADORA

Acot. mm.

Por lo que respecta al vehículo de transporte (tracto camión), este deberá tener un peso bruto combinado de 54 ton. como mínimo, así como una potencia de 410 Hp.

**Figura 6.2**  
**Equipo de transferencia (transporte)**



### 6.1.2 Especificaciones técnicas del tractocamión

Teniendo en cuenta que los equipos de transporte, es decir tracto camión (figura 6.2), dentro del mercado nacional presentan características similares, se procedió a evaluar los diferentes equipos existentes para establecer cuales estaban dentro del rango requerido. Los rangos establecidos se presentan a continuación:

#### a) Dimensiones

Concepto	Dimensión	Unidad
Distancia entre ejes	5,080	mm.
Volado delantero	1,168	mm.
Volado trasero	1,425	mm.
Largo total	7,673	mm.
Distancia libre de montaje	3,097	mm.
Altura total	3,896	mm.
Ancho total	2,550	mm.
Altura de piso a plato enganchador	1,295	mm.

#### b) Motor

CONCEPTO	CAPACIDAD	UNIDAD
POTENCIA	410	Hp
CILINDRADA	14,000	cm <sup>3</sup>

#### c) Pesos y capacidades

CONCEPTO	CAPACIDAD	UNIDAD
P.B.C.	54.00	ton.
EJE DELANTERO	5.44	ton.
EJE TRASERO	20.87	ton.
SUSPENSION DELANTERA	5.44	ton.
SUSPENSION TRASERA	20.87	ton.

#### d) Sistema combustible

CONCEPTO	CAPACIDAD	UNIDAD
No. DE TANQUES	2	PZA.
CAPACIDAD	530 C/U	LT

#### e) Bastidor

CONCEPTO	CAPACIDAD	UNIDAD
MODULO SECCION	246.05	cm <sup>3</sup>
RESISTENCIA A LA CEDENCIA	7.73	Kg/cm <sup>2</sup>

#### f) Ruedas y Llantas

CONCEPTO	DIMENSION	UNIDAD
RUEDA	62.23 x 21.59 cm	---
LLANTA RADIAL	62.23 cm	11 R DE 16 CAPAS

### 6.1.3 Especificaciones técnicas de la caja de transferencia

El remolque o caja de transferencia (figura 6.3) utilizados comúnmente presentan las características que se muestran a continuación:

a) Dimensiones

CONCEPTO	DIMENSION	UNIDAD
LARGO	12,192	mm.
ANCHO	2,388	mm.
ALTURA TOTAL	4,090	mm.
ENGANCHADOR A EJE	10,693	mm.
INICIO CAJA A ENGANCHADOR	940	mm.
ENGANCHADOR A APOYOS	2,032	mm.
PISO A ENGANCHADOR	1,295	mm.
VOLADO TRASERO	921	mm.

b) Pesos y capacidades

CONCEPTO	CAPACIDAD	UNIDAD
CAPACIDAD VOLUMETRICA	70	m <sup>3</sup>
EJES (2)	9.979 C/U	TON
SUSPENSION	19.958	TON
PESO CARROCERIA	13	TON

c) Material de fabricación

CONCEPTO	DIMENSION	UNIDAD
PISO	CALIBRE 10	---
PAREDES LATERALES Y FRONTAL	CALIBRE 11	---
PUERTA DESCARGA	CALIBRE 10	---
MARCO, BORDES Y PUENTES	4.7	mm
CHASSIS-BASTIDOR	6.3	mm
PLATO ENGANCHE	12.70	mm

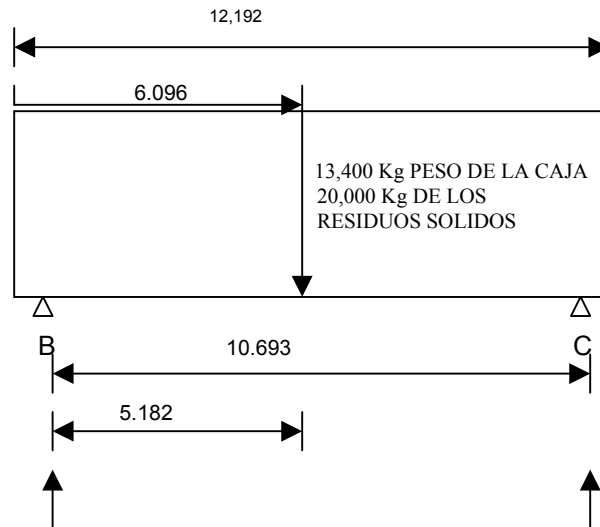


## 6.2 Análisis de descarga del equipo

### a) Semitrailer (carrocería)

- Descarga en eje trasero del semitrailer tomando momentos al eje intermedio:

Para 70 m<sup>3</sup>



Peso de la caja

$$\sum^M_B = 0$$

$$13,409 (5.182) - C (10.693) = 0$$

$$C = \frac{69,485.44}{10.693}$$

$$C = 6,498.22 \text{ Kg}$$

$$\sum^{Fy}_B = 0$$

$$13,409 - 6,498.22 - B = 0$$

$$6,910.78 - B = 0$$

$$B = 6,910.78 \text{ Kg}$$

Peso de los Residuos Sólidos

$$\sum^M_B = 0$$

$$20,000 (5.182) - C (10.693) = 0$$

$$C = \frac{69,485.44}{10.693}$$

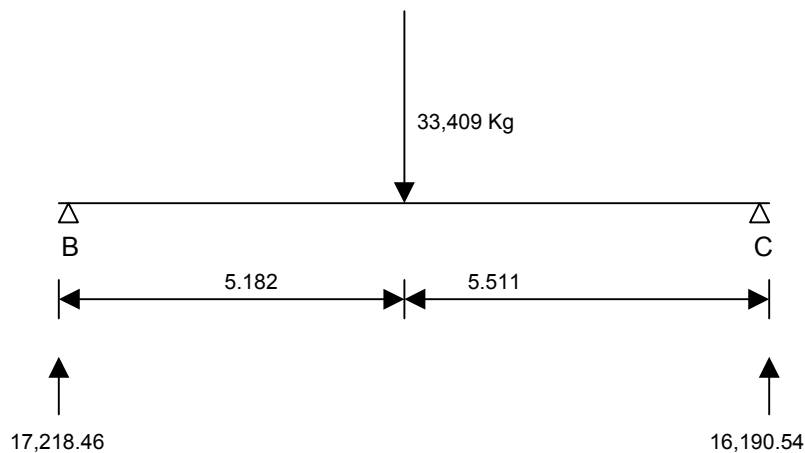
$$C = 9,692.32 \text{ Kg}$$

$$\sum^{Fy}_B = 0$$

$$20,000 - 6,692.32 - B = 0$$

$$10,307.68 - B = 0$$

$$B = 10,307.68 \text{ Kg}$$





La máxima descarga permisible en eje trasero, será igual al peso de la carrocería, más el peso de los residuos en dicho eje.

De acuerdo con esto, será igual a:

$$6,498.22 \text{ Kg} + 9,692.32 \text{ Kg} = 16,190.54 \text{ Kg}$$

La máxima descarga permisible en eje delantero, será igual al peso de la carrocería, más el peso de los residuos y del tractor en dicho eje.

De acuerdo con esto, se tiene que el peso de los residuos más el tractor, en el eje delantero del semitrailer será igual a:

$$6,910.78 \text{ Kg} + 10,307.68 \text{ Kg} = 17,218.46 \text{ Kg}$$

b) Tractor

- Tomando los datos de la ficha técnica, se tiene:

Peso vehicular = 9,000 Kg. (peso tractor)

Cap. máx eje delantero 5,442 Kg

Cap. máx eje trasero 20,865 Kg

Además se indica la distribución del peso del vehículo en cada uno de los ejes.

Peso vehicular eje delantero = 4,976 Kg

Peso vehicular en eje trasero = 3,413 Kg

El resumen de las descargas en los diferentes ejes de la combinación tracto camión-caja, se presenta en la tabla 6.1.

**TABLA 6.1**

	EJE DELANTERO	EJE TRASERO (TRACTOR)	EJE TRASERO (SEMITRAILER)
TRACTOR	4,976 kg	3,413 kg	0 kg
CAJA	0 kg	6,910.78 kg	6,498.22 kg
RESIDUOS SOLIDOS	0 kg	10,307.68 kg	9,695.32 kg
SUMA DE DESCARGAS	4,976 kg	20,631.46 kg	16,190.54 kg
CAPACIDAD MAX. DE EJES	5,442 kg	20,865 kg	19,500 kg

Como se puede ver, el análisis de descargas realizado puede aceptarse, ya que en ningún caso, se rebasa la capacidad máxima de los ejes.

### 6.3 Equipo de hidrolavado

La hidrolavadora es el equipo de limpieza que se ocupa en las estaciones de transferencia para mantener limpias las instalaciones y los vehículos. Estos limpiadores de alta presión vienen equipadas con boquilla cambiable de chorro triple, pistola con sistema servopress, lanza giratoria, mando para reducir la presión en caso de interrumpir el trabajo con la máquina. Asa de empuje desmontable.

Características técnicas:

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
CAUDAL	150 - 900	l/seg
PRESION DE TRABAJO	10 - 230	Bares
MAXIMA TEMPERATURA DE ENTRADA	60	°C
POTENCIA DE CONEXION	6.1 - 8.4	Kw*

\* 3 ~ 380 V 50 Hz

## 7. IMPACTO AMBIENTAL

---

### 7.1 *Delimitación del área de estudio*

Un aspecto fundamental en los estudios de impacto ambiental es delimitar el área de influencia en la cual se deberán considerar los componentes naturales y sociales, susceptibles de ser modificados. Esta delimitación deberá realizarse con criterios precisos, relativos a las diferentes variables ambientales a ser estudiadas.

Para establecer la delimitación se sugiere manejar tres conceptos:

- Área de estudio

Se refiere a la extensión dentro de la cual se realiza el estudio de impacto ambiental.

- Área de proyecto

Se refiere a los límites de ubicación del proyecto.

- Área de influencia

Es aquella superficie que, por las actividades del proyecto, se puede ver afectada fuera de los límites de la obra.

Esto se puede expresar como:

Área de estudio = Área de Proyecto + Área de influencia.

Criterios a considerar para la delimitación del área de influencia para estaciones de transferencia.

- Ubicación de la estación de transferencia.

Si la estación se encuentra en una zona urbana las emisiones que la operación genere pueden quedar cubiertas con otro tipo de contaminantes en sitios cercanos, por lo que resulta importante su ubicación.

- Actividades que se realizan en las zonas aledañas a la estación.

La estación de transferencia puede quedar ubicada limitando con zonas habitacionales, escuelas, mercados, etc., por lo que deben considerarse los cambios que surjan en o de estas zonas.

- Distancia de los límites del predio a construcciones vecinas.

La distancia de la estación a predios vecinos puede ayudar a evitar o disminuir algunos efectos tales como ruido, fauna nociva, partículas, dependiendo de su lejanía a la transferencia.

- Dirección predominante de los vientos.

La dirección predominante de los vientos es un criterio importante para delimitar las zonas que podrían verse afectadas por el arrastre de contaminantes.

- Tipo de estación (abierta o cerrada) y de tipo de descarga que se realiza

El tipo de estación es importante ya que influye para la dispersión (o no) de contaminantes fuera de la estación.

- Características del medio natural.

Las condiciones naturales que rodean a la estación son de interés ya que la presencia de vegetación amortiguará la percepción de contaminantes, su dispersión o bien el mismo medio puede sufrir cambios.

Una vez especificada el área de influencia como parámetro, se podrá establecer de manera general el área de estudio, por lo tanto es claro pensar que la delimitación del área de influencia dependerá del tipo de estación, de su ubicación, de los alcances y presupuesto del proyecto.

Para la determinación del área de influencia de partículas aerotransportables es recomendable proponer una serie de puntos de muestreo en forma de abanico de acuerdo a la dirección de los vientos dominantes de la zona.

Para el caso de vialidad e infraestructura vial deberá extenderse hacia las principales arterias que delimiten la estación. Para fauna nociva, olores y ruidos, el área de influencia se reduce a las zonas colindantes con la estación, en la mayoría de los casos a los primeros 200 metros, ya que de aumentar este radio dichos parámetros podrían ser cubiertos por condiciones de perturbación de la misma zona, o se llegarían a subestimar los valores obtenidos durante algún muestreo. Esta misma distancia podría usarse para vegetación y fauna dependiendo de la diversidad de especies y de sus condiciones poblacionales.

## **7.2 Características del medio físico**

Para la evaluación de impacto ambiental, se debe tomar en cuenta la identificación de los rasgos generales que conforman la zona de estudio, con el fin de establecer un panorama claro y conciso de las condiciones históricas de cada uno de los factores a enjuiciar, dando mayor atención a aquellos directamente involucrados con el tipo de proyecto.

### **7.2.1 Climatología**

Los eventos meteorológicos son de suma importancia en el conocimiento de la dispersión de contaminantes, para lo cual además de la información encontrada, de preferencia deberán tomarse registros en el momento de realizar los estudios de campo y como ya se manifestó, los datos climatológicos deben tener referencias de tales parámetros por espacio de por lo menos 10 - 15 años.

- a) Tipo de clima
- b) Temperatura promedio anual, máxima y mínima extremas
- c) Humedades extremas máxima y mínima
- d) Precipitación pluvial media mensual y anual
- e) Dirección y velocidad del viento: rosas estacionales y anuales
- f) Calidad del aire (P.S.T., P.V., ruido, gases y olores)

### **7.2.2 Suelo**

En estudios de impacto para estaciones de transferencia se ha considerado que resultan de mayor interés, las propiedades físicas del suelo y las determinaciones de mecánica de suelo por lo que se propone el manejo de la información de la siguiente manera.

- Peso volumétrico
- Permeabilidad
- Granulometría
- Composición
- Grado de consolidación

Deben tener primordial importancia ya que el conocimiento de los valores de estos parámetros se requerirán para el diseño y construcción de la estación.

Las determinaciones de la mecánica de suelos que más frecuentemente se requieren en el diseño de una estación son:

- Límites de consistencia
- Resistencia a la compresión triaxial
- Resistencia al esfuerzo cortante
- Compresibilidad

Por lo que la información solicitada consistirá:

- a) Topografía del sitio
- b) Tipos de suelo
- c) Propiedades físico-químicas
- d) Actividad erosiva predominante
- e) Especificar si existen asentamientos diferenciales en el área

### **7.2.3 Cuerpos de agua**

La información solicitada en este punto sólo se requerirá cuando la estación esté ubicada en donde exista algún cuerpo de agua cercano y se considere que puede causarle algún efecto .

Por lo que la información solicitada consistirá:

- a) Localización del cuerpo de agua
- b) Usos principales
- c) Descargas residuales recibidas
- d) Calidad del agua potable
- e) Calidad del agua residual que se descargará al drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

### **7.3 Características del medio biótico**

La información de flora y fauna que se presente dependerá de la ubicación de la estación ya sea por encontrarse en una zona urbana o periurbana.

Deberá reflejar las condiciones actuales dentro del área de influencia de la estación de transferencia, basada en visitas de campo y muestreos así como el apoyo en reportes bibliográficos, presentar los datos que a continuación se enlistan.

- a) Vegetación terrestre
  - Tipo de vegetación
  - Principales asociaciones y distribución vegetal
  - Cobertura
  - Diversidad
  - Especies endémicas o en peligro de extinción
  - Especies de interés comercial o cultural
- b) Fauna
  - Diversidad faunística
  - Especies dominantes
  - Especies en peligro de extinción o endémicas
  - Especies de interés (cinegético, comercial y cultural)
  - Especies nocivas

### **7.4 Características del medio socio-económico**

La información deberá considerar el área de influencia de las instalaciones proyectadas, y aunque la operación de la estación cubre el servicio de diversas comunidades, bastará con cubrir los siguientes incisos de manera breve, para el municipio o la localidad en donde se encuentre ubicada la estación o bien la población más cercana a ésta.

- a) Demografía
  - Población total (último censo)
  - Tasa de crecimiento
- b) Servicios urbanos
  - Agua potable
  - Drenaje (alcantarillado)
  - Servicios de limpia
  - Eléctrico
  - Medios de comunicación (teléfono, correo, otros)
  - Medios de transporte (terrestre, aéreos, otros)
  - Servicios educativos
  - Servicios de salud
  - Infraestructura vial (cercana al sitio)
- c) Aspectos económicos
  - Población económicamente activa (P.E.A.)
  - Desempleo
  - Nivel de ingresos per cápita
  - Tipo de economía (autoconsumo, mercado, otra)
  - Actividades productivas (agropecuaria, forestal, industrial, comercial)
- d) Aspectos históricos, sociales, arqueológicos y étnicos
  - Actitud de la población local hacia el proyecto
  - Aspectos de interés histórico y cultural

### **7.5 Métodos para la cuantificación de parámetros**

Antes de describir las técnicas para cada factor a evaluar, es importante mencionar que para la obtención de resultados no siempre será necesaria la realización de muestreos, es decir, en algunos

casos bastará con realizar visitas de inspección y una buena recopilación bibliográfica, esto dependerá en gran medida de las condiciones naturales o de perturbación de la zona y del parámetro a evaluar.

Lo más recomendable sería realizar un estudio ambiental antes de la construcción y cumplir con su finalidad de evitar los impactos antes de que se generen.

A continuación se presentan los criterios de muestreos para los parámetros cuantificables y las consideraciones para evaluar el medio físico, biológico y socioeconómico en relación al proyecto de estación de transferencia.

## **7.6 Métodos para la cuantificación del medio ambiente físico**

### **7.6.1 Climatología**

El clima define al conjunto de caracteres atmosféricos que distinguen a una región y la importancia de describirlo radica en los siguientes puntos de vista:

- a) Algunos de los elementos climatológicos pueden ser modificados al desaparecer extensas áreas de vegetación.
- b) Puede propiciar procesos de erosión, inversiones de temperatura e inundaciones.
- c) Por su importancia en la dispersión de contaminantes.

Se deberán delimitar lo mejor posible las condiciones "microclimáticas" o condiciones particulares de la localidad en la que se planea desarrollar el proyecto, de tal manera que se pueden evaluar los impactos que pudieran tener esos factores ambientales en el microclima de la región.

Si no cuenta con datos recientes o de la zona, se podrán realizar las determinaciones en campo de los parámetros mencionados, sin olvidar que sólo serán válidos para ese momento.

Cabe aclarar que la información de la dirección y velocidad del viento para este tipo de estudios dará un claro indicio de la dispersión de los contaminantes atmosféricos y olores, por lo que resulta de interés presentar los datos de manera esquemática por medio de la rosa de los vientos con el fin de facilitar la interpretación de esta información.

#### **7.6.1.1 Calidad del aire**

El aire como factor importante del medio físico, deberá considerarse desde dos puntos de vista:

- a) Como receptor y transportador de las partículas contaminantes producto de las actividades generadas por el proyecto.
- b) Como factor cuya calidad ejerce influencia directa sobre los seres vivos, infraestructura y actividades humanas.

Para establecer la importancia de la calidad del aire en el área de influencia del proyecto, se debe realizar una evaluación de su calidad actual, estimando la importancia de las fuentes emisoras de contaminantes de la zona, para determinar si estas tendrán efectos significativos sobre las actividades y trabajadores del proyecto de estaciones de transferencia.

Se deberán estimar cualitativa y cuantitativamente las emisiones de contaminantes atmosféricos por las actividades e instalaciones contempladas en la estación, para determinar el posible deterioro de la calidad del aire y los impactos potenciales sobre la salud humana y los ecosistemas.

En ambos casos, se debe contar con datos sobre vientos y con información sobre factores limitantes de la dispersión y frecuencia de inversión de temperaturas con la finalidad de prever hacia a dónde se dispersarían los contaminantes y cuanto tiempo pueden permanecer en el aire.

La descripción de la calidad del aire, en estudios de impacto ambiental de proyectos de estaciones de transferencia se puede elaborar a través de la evaluación ambiental de diferentes contaminantes: partículas suspendidas totales (P.S.T.), microorganismos aereotransportables o partículas viables (P.V), gases (emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno), ruido y olores.

#### **7.6.1.2 Partículas suspendidas totales (P.S.T.)**

Es aquel material, tanto líquido como sólido que se encuentra presente en el aire y sus efectos, no solo están determinados por la dosis si no también por su composición química y su forma física.

La aplicación de un método de simulación de dispersión de partículas arrojadas al aire debido al manejo de residuos en el área o por la emisión de gases por los vehículos que brinden servicio en la estación, implican problemáticas como: las condiciones de los motores de las unidades, además de

que, conociendo los aforos vehiculares de estaciones ubicadas en zonas urbanas, resulta un porcentaje minoritario de emisiones. El enfoque del problema deberá centralizarse en las emisiones de partículas ocasionadas por las operaciones de volteo en las tolvas.

#### 7.6.1.2.1 Método

Para conocer la concentración de partículas suspendidas en el aire, se utilizará el muestreo de alto volumen (Hi-Vol), bajo los métodos de medición establecidos según la normatividad existente.

Criterios para el muestreo

- a) La dirección de los vientos dominantes en la zona de estudio. Tomando como referencia el sitio donde se ubicará la estación, considerar un viento a favor y otro viento en contra.
- b) Identificación de las áreas de mayor impacto dentro de las zonas de influencia.

De las emisiones procedentes de la estación (población más cercana).

#### 7.6.1.3 Microorganismos aerotransportables

Entre las partículas viables más abundantes en la atmósfera se encuentran las bacterias, hongos y protozoarios, resultando de particular interés cuando se encuentran asociados a centros donde se manejan los residuos sólidos, representando una importante fuente aerobiológica con posible riesgo poblacional u ocupacional, ya que debido a que los residuos están compuestos en su mayoría por desechos orgánicos con un alto grado de humedad, resulta ser un medio ideal para la proliferación de microorganismos.

#### 7.6.1.3.1 Método

Estas partículas pueden muestrearse mediante el uso de un muestreador especial para partículas viables conocido como: Cabezal Andersen, con la adaptación para contener cajas de Petri, y en ellas el cultivo adecuado para hongos, bacterias.

Criterios para el muestreo

El aislamiento de aeropartículas se realizará tanto en el interior de áreas de servicios, cerca del área de tolvas y en el exterior de la estación. Un primer muestreo se puede llevar a cabo en el interior de una bodega, comedor, taller, caseta, etc; el segundo en la zona de descarga de los desechos sólidos, a 2 m de distancia de las tolvas; otro en la zona de carga de los vehículos de transferencia, a 5-6 m de distancia (por debajo de las tolvas); y el último en el exterior de la estación de transferencia (a 60-100 m de distancia de las tolvas) ubicado a favor del viento, para comparar la concentración de microorganismos al ser dispersados por el aire.

Cabe señalar que en México no existe normatividad para comparar los resultados, reportados generalmente en UFC/m<sup>3</sup> (unidades formadoras de colonias por metro cúbico), por lo que se recurre a la clasificación de Boutin.

#### CLASIFICACION DE BOUTIN

CONCENTRACION (U.F.C./m <sup>3</sup> )	CLASE
MENOR DE 200	NO CONTAMINADO
200 A 800	LIGERAMENTE CONTAMINADO
801 A 2,500	CONTAMINADO
2,501 A 8,000	MUY CONTAMINADO
MAYOR DE 8,000	FUERTEMENTE CONTAMINADO

La determinación de las especies de microorganismos (hongos, bacterias) es importante para evaluar los efectos que pudieran tener a la salud.

#### 7.6.1.4 Gases

Estos contaminantes deberán evaluarse de acuerdo a las condiciones atmosféricas que aprecie el evaluador y que de acuerdo a su criterio, las emisiones de la maquinaria, modifiquen significativamente el medio actual.

Cabe aclarar que para la fase previa a la construcción se deberán obtener niveles de "fondo" o anteriores, de los contaminantes hasta el momento enunciados en el área de vientos dominantes para compararlos con los niveles en la ejecución del proyecto.

Los gases de interés serán:

a) Monóxido de carbono

Gas formado por la combustión de materiales constituidos por carbono, arrojados principalmente por unidades de automotores (vehículos de transferencia, recolectores).

b) Óxidos de nitrógeno

Es emitido por los vehículos de motor de combustión interna y por los dispositivos fijos de combustión, motogeneradores, (plantas de luz) mientras que el bióxido de nitrógeno tiene su origen en industrias.

c) Hidrocarburos

Se forman por la combustión incompleta de combustibles, principalmente provenientes de la gasolina y el diesel.

d) Óxidos de azufre

Se desprende de la combustión de compuestos azufrados presentes como impurezas en muchos hidrocarburos como gasolinas diesel y aceites.

#### **7.6.1.4.1 Método**

Los gases enlistados pueden ser muestreados haciendo burbujear el aire a analizar en soluciones absorbentes específicas para cada contaminante. Se puede ubicar un tren de muestreo viento a favor y otro en contra, los trenes de muestreo no deberán moverse de los sitios durante el procedimiento de colección y ambos sistemas empezarán a operar en forma simultánea, posteriormente se enviarán inmediatamente las muestras al laboratorio para su análisis con los datos correspondientes de identificación. Los resultados deberán expresarse en  $\text{mg}/\text{m}^3$  y compararse con la normatividad existente.

Este muestreo es de especial interés cuando la estación de transferencia es cerrada ya que se concentran mayormente en el interior y por lo tanto los efectos pueden ser de más trascendencia para la salud laboral.

#### **7.6.1.5 Ruido**

Los niveles de ruido de aproximadamente 80 dB o más, producen la pérdida permanente del oído, aunque el efecto es más rápido si el ruido es de mayor intensidad o duración y depende también hasta cierto punto de la frecuencia.

Para medir los niveles de ruido deberá utilizarse un sonómetro de precisión en ponderación "A" y los analizadores de frecuencia, (calibrador piezoeléctrico) para efectos de la calibración, procedimiento y evaluación en materia de ruido se deberá consultar la normatividad existente.

Criterios para el muestreo

Para establecer los puntos de muestreo se deberá realizar una visita de reconocimiento, con la finalidad de ubicar los puestos de medición, así como las zonas críticas y las evaluaciones de ruido de fondo.

Para obtener el nivel sonoro se debe aplicar el siguiente procedimiento de actividades, un reconocimiento inicial, una medición de campo, un procedimiento de datos de medición y, la elaboración de medición.

#### **7.6.1.6 Olores**

Es de suma importancia la evaluación del olor, ya que por tratarse de lugares donde se manejan residuos sólidos, los olores que se generan podrían implicar molestias a las comunidades cercanas.

El método comúnmente empleado para la determinación de olores es el llamado "panel de olor", mediante el cual se puede establecer la fuente y la intensidad.

La implementación de esta técnica no requiere la utilización de equipos especiales, sin embargo, es recomendable que las personas que integren el panel del jurado sean no fumadoras, no padezcan en el momento de la evaluación molestias en las vías respiratorias y tengan buena sensibilidad en el sentido del olfato.

Las molestias que podría ocasionar el desprendimiento de olores en las estaciones de transferencia en etapa operativa se pueden percibir a dos niveles:

- 1) Dentro de la estación por el personal que labora en las instalaciones.
- 2) Y la población aledaña, en donde los efectos no se limitan al lugar de su fuente generadora, en ocasiones se llega a sentir a varios metros a la redonda dependiendo de la dirección y velocidad del viento y si la estación no tiene la limpieza adecuada.

Criterios para el muestreo

Se recomienda un mínimo de cuatro puntos de muestreo, los internos, áreas de tolvas y patio de servicio y dos externos, viento a favor y viento en contra. La distancia de los puntos externos a la estación, estará en función del olor percibido.

### **7.6.2 Suelo**

La importancia del suelo como factor ambiental se debe a que es el sustento de toda forma de vida terrestre y dependiendo de cada región cada suelo posee propiedades que son determinadas por el relieve, vegetación y organismos vivientes que realizan sus funciones intercambiando materiales con el.

La importancia de describir el suelo radica en:

- La posibilidad que existe de causar su degradación
- La posibilidad de contaminarlo
- Hacer un uso inadecuado
- La rehabilitación del sitio
- Su importancia en relación a otros factores ambientales

### **7.6.3 Calidad del agua**

Por las actividades propias efectuadas se estima que la utilización del agua, estará limitada al servicio sanitario, de limpieza y jardinería, por lo que no se considera necesario la realización de muestreos y análisis de este factor. Sólo en caso de encontrarse algún cuerpo de agua cercano a la estación y que sea susceptible de contaminación por las actividades de la estación, se realizará un análisis de su calidad muestreando los siguientes parámetros:

- pH
- DQO
- DBO
- Sólidos totales suspendidos y disueltos
- Oxígeno disuelto
- SAAM
- Grasas y aceites
- Color
- Coliformes totales y fecales

Como parte de la tecnología y modernización de las instalaciones de interés, se ha implementado la utilización de aspersores en lugares de descarga para evitar el levantamiento de polvos, dicha acción disminuye su emisión pero también ocasiona la percolación del agua a través de las capas de basura acarreado contaminantes, lo mismo que la limpieza de patios y camiones con agua a presión.

Las descargas mencionadas podrán ser analizadas empleando la norma para muestreos de agua residual, mediante una muestra simple apoyándola con la normatividad vigente donde se establecen los niveles permisibles de contaminantes cuando el agua es conducida al drenaje urbano o municipal.

El evaluador debe sugerir la implementación de algún dispositivo o sistema de tratamiento para evitar que las aguas de lavado lleguen en forma directa al sistema de drenaje, por ejemplo:

- Captadores para aceites y grasas
- Cárcamos de bombeo
- Otros

## **7.7 Métodos para la cuantificación del medio biótico**

En todo proyecto de impacto ambiental es esencial que se conozca la flora y fauna y se analicen en conjunto con los recursos bióticos y socioeconómicos.



Es necesario conocer el ecosistema de interés, en estudio de una manera integral, tanto las especies de flora y fauna a través de los trabajos de campo, para realizar la evaluación del impacto ambiental que ocasionaría el establecimiento de la estación de transferencia, la revisión bibliográfica de la fauna y flora de la zona o región, con la finalidad de comparar las especies existentes y las que se han perdido o han disminuido sus poblaciones, ya sea por alteración de los ecosistemas, a causa del hombre o por algún fenómeno natural.

### 7.7.1 Vegetación

El estudio de la vegetación es de suma importancia ya que es parte esencial del ecosistema de una localidad, también es muy significativa, en zonas donde el sensible equilibrio del medio se encuentra perturbado, como lo son las comunidades urbanas, donde la mayor parte de la vegetación es inducida; es decir, especies no originarias del lugar y que permanecen en el sitio por intervención humana. Este tipo de vegetación podrá ser típicamente encontrada en las zonas densamente pobladas.

Una parte fundamental de todo estudio de impacto ambiental es el establecimiento del grado de perturbación que la vegetación pueda sufrir por la realización de la obra, más aún cuando en el área puede existir vegetación natural.

El estudio de cualquier sitio resultará de interés, sobre todo por que la vegetación:

- Contribuye a la regulación de la temperatura.
- Retiene el polvo y al formar barreras disminuye la fuerza del viento.
- Actúa como barrera filtrante del aire contaminado.
- Forma una barrera natural de amortiguamiento del ruido.
- Constituye el hábitat para aves y animales silvestres que pueden vivir dentro o fuera de las zonas urbanas.

- Mejora la imagen urbana.
- Contribuye a la presencia de precipitaciones pluviales.
- Contribuye o conforma el sistema de filtración o conducción del agua de precipitación hacia el suelo o corrientes subterráneas.

- Contribuye a la generación de oxígeno y humedad ambiental.

- Contribuye con la eliminación del CO<sub>2</sub> atmosférico, etc.

- a) Señalar qué tipo de vegetación existe en la zona del proyecto y en el área de influencia.
- b) Señalar cuáles son las principales asociaciones vegetales presentes en el sitio y área de influencia.

c) Señalar el área que queda cubierta por una especie y puede determinarse por:

- La sombra que proyecta ésta cuando el sol se encuentra en el cenit.
- El área basal o área que una especie tiene en contacto directo con el suelo.
- El porcentaje con respecto a un área de referencia o por la escala de Braun-Blanquet.

Para estimar la cobertura por estrato se puede emplear el método de sombra proyectada en el terreno y por cuantificación del área basal para los estratos Arbóreo (A) y Arbustivo (Ar).

Para los estratos Herbáceo y Mucinal se puede aplicar la escala de cobertura-abundancia de Braun-Blanquet.

La evaluación de la cobertura vegetal podrá realizarse mediante el desarrollo de los métodos mencionados y presentando los resultados expresados en metros cuadrados.

d) La diversidad de especies es un parámetro que refleja el tipo de organización de un ecosistema. Una medida o indicador de la variedad de especies son los índices de diversidad de Shannon-Wiener o Simpson que son sensibles a los cambios en el número de especies y al patrón de distribución.

e) Dentro de la vegetación a evaluar pueden existir especies de interés, ya sea por ser endémicas o de distribución restringida a una área única; por encontrarse en peligro de extinción causado por competencia, depredación, selección natural o sobre todo por destrucción de los ecosistemas; por ser de valor cultural para etnias o poblaciones locales.

## 7.7.2 Fauna

En ambientes urbanos, el factor fauna será de interés sobre todo para aquellos organismos que son susceptibles de proliferar, por el mal manejo de los desechos sólidos, este tipo de fauna generalmente causan algún daño a los bienes y a la salud humana ya que son transmisoras de enfermedades, por lo que dentro de sistemas urbanos el estudio de fauna nociva tendrá mayor peso durante la operación de la estación, mientras que en etapa de proyecto, la fauna silvestre existente deberá manejarse bajo los siguientes parámetros:

### 7.7.2.1 La diversidad de especies

Para estimar la diversidad de una comunidad existen una gran número de métodos basados en índices; de ellos aquí enunciamos los dos más utilizados:

- a) Índice de Shannon-Weiner

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)^*$$

siendo:

H' = Diversidad (bits/individuos)

s = Número de especies

p<sub>i</sub> = Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n<sub>i</sub>/N<sub>t</sub>).

- b) Índice de Simpson

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2 \quad (0 < D < 1)$$

siendo:

D = Diversidad

P<sub>i</sub> = Proporción de individuos de la especie i en la comunidad

### 7.7.2.2 Especies dominantes

Son las que tienen un elevado índice de éxito ecológico, y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies vinculadas.

Se pueden calcular de la siguiente manera:

Índice de dominancia de la comunidad	=	Porcentaje de abundancia que corresponde a las dos especies más comunes.	=	100 x $\frac{y_1 + y_2}{y}$
---	---	--	---	-----------------------------

siendo:

y<sub>1</sub> = Abundancia de la especie más común.

y<sub>2</sub> = Abundancia de la especie que ocupa el segundo lugar de abundancia.

y = Suma de la abundancia de todas las especies.

De las especies observadas o reportadas en la zona señalar en este apartado cuales son endémicas, es decir, aquellas cuya área de distribución natural se encuentra únicamente circunscrita a una región determinada, y las especies catalogadas en peligro de extinción, también conocidas como aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño poblacional han sido disminuidas drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica.

### 7.7.2.3 Fauna nociva

La fauna nociva son aquellas especies cuya reproducción masiva y hábitos ocasionan perjuicios en la salud, alimentos y economía del hombre.

De acuerdo a experiencias anteriores se han encontrado algunas especies de roedores y de insectos asociados al manejo de residuos entre las que se encuentran:

## **Roedores**

ratón doméstico  
rata negra  
rata de alcantarilla

## **Insectos**

cucaracha  
mosca  
mosquito común  
pulga del hombre

Los roedores y sus parásitos externos son transmisores de enfermedades como el Tifo que es transferido al hombre a través de las pulgas de las ratas, entre otras numerosas enfermedades, lo mismo que los insectos resultan vectores importantes de diversas parasitosis.

Las especies mencionadas serán más comunes en estaciones de transferencia en operación, atraídas por los olores y las posibles fuentes de alimento y de hábitat. Antes de la construcción pueden ser observadas sobre todo en terrenos cercanos a zonas habitadas, en ambos casos el objeto de interés es saber el daño que pueden causar por el tamaño de su población y la diversidad encontrada, por lo que, será necesario determinar a la especie y a juicio del evaluador, su densidad poblacional.

Antes de realizar algún muestreo es recomendable una visita de inspección para evaluar cualitativamente la problemática del sitio, en relación a la presencia de fauna nociva. Durante la visita se llevará a cabo una revisión prospectiva, localizando rastros, huellas, excretas, senderos, instalaciones roídas, organismos vivos o muertos, etc. Con base en ello se tendrá un criterio más para la colocación de trampas en el sitio y zonas aledañas.

### **7.7.2.3.1 Roedores**

#### a) Determinación

La determinación de las especies se puede realizar por métodos directos e indirectos, en el último caso por medio de las excretas o huellas y en algunas ocasiones por la forma de la madriguera o el lugar donde se ubiquen.

Los métodos directos se realizan a través de observaciones de los organismos sin implicar su captura, aunque la eficiencia de este método dependerá del observador; otra técnica es la utilización de trampas, estas pueden ser de jaula, sherman, de golpe o engomadas, las dos primeras se emplean para estudios poblacionales y que se requiera de organismos vivos, la trampa de golpe o la engomada para cuando no se pretenda devolver a su ambiente a las especies capturadas.

#### b) Estimación poblacional

Un punto de partida fundamental para cualquier estudio de ecología de una población de roedores o sobre el éxito de las medidas de lucha adoptadas contra una especie determinada es la estimación del número de individuos que componen la población.

Existen varios métodos para cuantificar poblaciones de pequeños mamíferos, estas técnicas generalmente son utilizadas para estudiar aspectos biológicos, tales como territorialidad, ámbito hogareño, épocas de reproducción, etc., los trampeos se hacen periódicamente y por lapsos de tiempos muy largos, otros métodos requieren de técnicas muy complicadas y de otras más sencillas pero que requieren de varios días y hasta semanas para conocer la población.

A continuación se presentan algunos métodos que se consideran más factibles de aplicación a este tipo de estudios, en caso de que sean requeridos dentro de los alcances de la evaluación de impacto ambiental (EIA).

#### 1) Índice de Lincoln

Método Captura-Recaptura

$$N = \frac{(x_1) + (x_2)}{y} = \text{número de roedores por área}$$

Siendo:

N = Total de la población dentro del área

x<sub>1</sub> = Número de organismos capturados, marcados y liberados en el primer muestreo

x<sub>2</sub> = Número de organismos capturados en el segundo muestreo

y = Número de recapturas.

Aplicación del método

1. Colocar no menos de 100 trampas en forma de red (en espacios abiertos)
2. Las trampas pueden ser de caja o jaula
3. La captura se realizará en dos noches de trampeo consecutivo

## 2) Método de Petersen

$$P = \frac{a}{c/b} = \frac{\text{No. de organismos marcados (primera captura)}}{\text{Proporción de la población marcada}}$$

$$c/b = \frac{\text{Número de recapturas en el 2o. muestreo}}{\text{Número de capturas en el 2o. muestreo}}$$

Aplicación del Método

1. Seleccionar una zona de una hectárea al azar (esto dependerá de la superficie disponible y el buen juicio del investigador)
  2. Colocar mínimo 100 trampas de caja o jaula en forma de red
  3. Captura de dos noches consecutivas de trampeo.
- ### 3) Método de Joule y Camerón

$$\text{Animales capturados (la primera noche)} + \text{Animales capturados (la segunda noche)} = 90\% \text{ de la población}$$

Aplicación del Método

- 1) Colocar 100 trampas tipo Sherman o de Guillotina en forma de red
- 2) Captura en dos noches consecutivas; Joule y Camerón suponen que durante las primeras dos noches se captura el 80% de la población en la zona y sobre el 90% en tres noches.

### 7.7.2.3.2 Insectos

Los organismos más comúnmente encontrados, asociados con el manejo de la basura son las moscas y cucarachas principalmente. Por otra parte se habla de la "pulga común" que además de atacar a perros, gatos y al hombre es muy frecuente encontrarla como parásito de ratas y ratones.

De acuerdo a lo anterior, se le da mayor importancia a la mosca y la cucaracha cuando se habla de insectos nocivos en una estación de transferencia, aunque estos pueden observarse con mayor frecuencia en la etapa de operación, sobre todo si esta es deficiente.

#### a) Estimación Poblacional

Para estimar la población de insectos rastreros o voladores se propone aplicar la expresión matemática de Remoción de Individuos propuesta por Joule y Camerón para roedores:

$$\text{Animales capturados (la primera noche)} + \text{Animales capturados (la segunda noche)} = 90\% \text{ de la población}$$

#### b) Consideraciones para la captura de insectos

- × Se recomienda el uso de trampas engomadas de 60 x 30 cm.
- × Colocar las trampas para insectos voladores en forma de cilindro y suspenderlas en un punto fijo (insectos voladores)
  - × Colocar trampas para insectos rastreros cerca de fuentes de alimento.
  - × Instalar no menos de 25 trampas a una distancia de 30 m<sup>2</sup> entre cada una, de ser posible en forma de red, o bien considerar una superficie que represente el 0.5% de la superficie del área total (considerando el tamaño de la trampa, 60 x 30 cm.)
  - × A criterio del evaluador, se recomienda el uso de feromonas diluidas.
  - × Muestreos de 72 hrs. consecutivas, revisando cada 12 horas para retirar los insectos capturados durante el día o la noche, según sea el caso.
  - × Determinación de especies directamente en campo o trasladar en alcohol al 70%.

## **7.8 Métodos para cuantificación del medio socio-económico**

La descripción del medio socioeconómico tiene como objetivo conocer las condiciones demográficas, sociales, culturales y económicas del área de influencia del proyecto.

La información requerida dentro del proceso de evaluación del impacto ambiental, en el estudio del entorno social y económico, estará enfocada a los diversos componentes que caractericen a la población involucrada en el desarrollo de la estación de transferencia y el beneficio social que se obtendrá a partir de su funcionamiento. Además, se pondrá atención a aquellos aspectos que puedan resultar modificados por sus actividades.

### Aspectos Demográficos

- Población total
- Distribución por edades
- Tasa de crecimiento natural
- Movimientos migratorios y factores que propician la emigración e inmigración.

Con la información anterior deberán evaluarse las modificaciones a la población, e incremento en los volúmenes de residuos por transferir.

### Aspectos de Infraestructura y Calidad de Vida

- Dotación de servicios de agua potable, alcantarillado, limpieza pública, luz y transporte
- Manejo de residuos sólidos
- Infraestructura de comunicación
- Infraestructura vial
- Infraestructura educativa
- Servicios de recreación y cultura.
- Servicios de salud

La finalidad de la información solicitada es evaluar la disponibilidad de servicios requeridos por las diferentes etapas del proyecto y si serán suficientes para cubrir las necesidades del mismo; la disponibilidad de infraestructura para los requerimientos del proyecto; el impacto en la demanda de infraestructura por las necesidades del mismo, sin olvidar los efectos a la infraestructura vial.

Otro de los factores que deben evaluarse como requisito dentro del estudio de impacto ambiental es la infraestructura de la instalación, relacionada ésta con un elemento importante que debe considerarse y es la vialidad circundante para lo cual será necesaria la obtención directa de datos por medio de la observación y medición en campo del aforo vehicular, con el propósito de establecer a futuro los posibles daños que podría presentar o que presente la circulación o transporte y el pavimento, por lo que con el análisis de los datos deberán estimarse los daños que puedan ocasionar el tránsito de vehículos pesados como transfers y vehículos recolectores.

Para la obtención de los datos se propone realizar 2 muestreos que podrán ser o no consecutivos y que deberán realizarse en dos días cubriendo un tiempo mínimo de una hora en cada periodo de medición y en horario de tránsito normal, es decir, excluyendo días festivos y fines de semana principalmente los domingos con el fin de que los resultados no se vean alterados.

Las mediciones deberán realizarse durante las horas pico en las principales avenidas que circundan al sitio de estudio y por donde a futuro se considere abrir accesos o salidas, estableciendo previamente los puntos de medición, uno en cada dirección de la avenida que se esté evaluando.

Para aquellos casos en que la evaluación se realice en un sitio ya en operación deberá realizarse también la medición de tránsito vehicular de dicho sitio además del tránsito en general.

Si la estación de transferencia aún está en fase de planeación y diseño, el análisis podrá realizarse con los datos que se obtengan de las avenidas o carreteras más próximas siempre y cuando el tránsito vehicular en esas rutas en realidad se vea alterado, ya que de no presentarse tal problema este impacto podrá declararse inexistente.

### Aspectos económicos de la población local

- Nivel de ingresos per cápita
- Población económicamente activa
- Nivel de empleo, subempleo y desempleo
- Empleo por rama de actividad
- Principales actividades productivas (agropecuario, forestal, industrial, comercial)

- Formas de organización
- Aspectos históricos, sociales, arqueológicos y étnicos
- Actitud de la población local hacia el proyecto
- Relaciones con otros grupos fuera de la comunidad
- Aspectos de interés histórico y cultural

De los tres aspectos mencionados el que probablemente tenga mayor importancia sea el primero, ya que la población generalmente no está informada de los beneficios que representa este tipo de proyectos tanto a la sociedad como al ambiente, por lo que aquí será de interés expresar la opinión de la población, en caso de contar con ésta información.

Será importante destacar qué áreas naturales existen cerca de la zona de proyecto, así mismo se planteará la compatibilidad del uso del suelo en el sitio relativo al proyecto, con otros usos y desarrollos colindantes.

Se determinará si se encuentra en una área natural protegida, o bien si el predio tiene restricciones respecto a su uso.

Deberán considerarse los siguientes puntos:

Planes de Usos de Suelo

- Zonificación primaria
- Restricciones
- Compatibilidades
- Usos restringidos
- Usos prohibidos

Proyectos de Ordenamiento Ecológico

- Zonificación primaria
- Zonas de reserva
- Zonas de consolidación
- Zonas de desarrollo
- Zonas protegidas
- Zonas destinadas a infraestructura

Sistema Nacional de Áreas Protegidas

- Reservas de la Biosfera
- Parques Nacionales
- Parques Estatales
- Refugios de Flora y Fauna
- Monumentos Naturales
- Zonas de Protección de Recursos Naturales
- Otros

## **7.9 Identificación y evaluación de los impactos ambientales**

Identificar y evaluar los impactos ambientales que pueden ser provocados por el desarrollo y actividades de la estación de transferencia en sus diferentes etapas.

Las metodologías existentes para evaluación, van desde las más simples que exponen los principales impactos, hasta aquellas más complejas en las que se da una visión global de la magnitud del mismo. Las más frecuentemente utilizadas son:

- Lista de chequeo: son listas que definen factores cónica efectos ambientales para deducir indicadores de impacto.
- Diagramas de flujo: establecen relaciones dirigidas de causa-efecto.
- Matrices causa-efecto: relacionan acciones vs consecuencias ambientales.

Para realizar la identificación y evaluación de los posibles impactantes se plantea el uso de métodos cualitativos y cuantitativos con la finalidad de reforzar la información obtenida en cualquiera de ellos.

### 7.9.1 Método cualitativo

La metodología empleada para el análisis ambiental cualitativo del proyecto está basada en el tipo matricial de Leopold que a continuación se enuncian.

a) Matriz de identificación de impactos: contiene en forma horizontal las actividades de las diferentes etapas del proyecto y en la columna vertical se describen las principales características ambientales del sitio y área de influencia susceptibles de ser afectados.

b) Matriz de Evaluación: esta se efectúa asignando criterios de significancia en función de la magnitud, temporalidad, carácter y dirección del impacto, los cuales se establecen conforme a la interacción de las actividades del proyecto y el medio ambiente.

La significancia se establece con dos grados de magnitud, definiéndose impactos poco significativos e impactos significativos, los cuales pueden representar también efectos adversos o efectos benéficos, a corto, mediano y largo plazos.

De esta manera, los impactos se podrán expresar como sigue:

a o b = Poco significativo cuando sea de pequeña magnitud, reversible a corto plazo, adverso (a) o benéfico (b) y directo o indirecto.

A o B = Significativo cuando sea de magnitud considerable, reversible a largo plazo o irreversible, adverso (A) o benéfico (B) y directo o indirecto.

Una vez identificados y evaluados los impactos, se seleccionan los clasificados como significativos, adversos y benéficos, agrupándolos en otra matriz conocida como matriz de cribado, en donde se enfatizan tanto las acciones generadoras, como los factores ambientales que serían impactados significativamente, para después describir los impactos.

### 7.9.2 Método cuantitativo

La evaluación cuantitativa de los impactos identificados se puede hacer aplicando una matriz de tipo Lizárraga, tomando en cuenta la magnitud e importancia del impacto, basados en el conocimiento de la zona de estudio y el desarrollo de las actividades que se realizan en este tipo de obras.

La matriz contendrá los siguientes aspectos:

- Efectos en la preparación-construcción del sitio. Se evalúan los impactos que se pueden ocasionar durante la etapa de preparación del sitio, dentro de estos se puede mencionar: movimientos de tierra, deforestación, etc., así como los problemas sociales que puede ocasionar la apertura del proyecto.

- Efectos en la operación de la estación. Se evaluarán los impactos ocasionados por las diferentes actividades de la etapa de operación de la estación de transferencia.

- Efectos en el mantenimiento y abandono de la obra. Aquí se analizarán los impactos que podría ocasionar el mantenimiento de la estación y en su caso los que generaría el abandono de la misma.

- Efectos directos. Es la alteración que sufre un elemento del ambiente en algunos de sus atributos por acción directa de alguna de las actividades de la estación, es decir, que ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar donde se generan.

- Efectos indirectos o inducidos. Efectos que se derivan de los impactos primarios al ejecutar una actividad del proyecto o de la interacción de todas aquellas que integran el proyecto o bien cuando los impactos se manifiestan tardíamente o alejadamente del sitio donde se generan.

- Efectos acumulativos. Son los efectos que se suman sobre el ambiente y/o la salud como resultado del impacto de varias actividades del proyecto o cuando se asocia con otras acciones presentes. Estos efectos pueden ser el resultado de acciones individuales menores pero colectivamente significativas, que se verifican en un determinado lugar durante un período de tiempo.

La escala de valores para calificar los impactos causados por los rubros anteriores (efectos) va de -5 a +5, de acuerdo con la trascendencia del impacto en el contexto del sistema ecológico o regional donde se ubica el proyecto. El signo (-) significa un efecto adverso y el signo (+) efecto benéfico.

- Reversibilidad. Los efectos sobre el ambiente y/o salud pueden ser mitigados de forma tal, que se restablezcan las condiciones preexistentes a la realización del proyecto, o bien puede suceder que la naturaleza de la acción no permita que las condiciones originales se restablezcan.

De acuerdo a la magnitud e importancia de los efectos se recomienda asignarle los siguientes valores:

<b>positivo (+)</b>	<b>Negativo (-)</b>	<b>Calificación</b>
Totalmente reversible	Totalmente reversible	1
Parcialmente reversible	Parcialmente reversible	2
Difícilmente reversible	Difícilmente reversible	3
Irreversible, no permanente	Irreversible, pero mitigable	4
Irreversible, permanente	Irreversible, pero no mitigable	5

#### 7.9.2.1 Controlabilidad

Los efectos adversos del proyecto pueden presentar características que permitan su control mediante medidas adecuadas, o bien pueden evitarse totalmente.

magnitud	calificación
totalmente controlable	± 1
parcialmente controlable	± 2
incontrolable (dependiendo de la importancia del impacto)	± 3, 4 ó 5

#### 7.9.2.2 Marco geográfico

Los efectos positivos o negativos pueden manifestarse dentro del sitio del proyecto, rebasar sus fronteras físicas abarcando el área de estudio, o sentirse a nivel regional.

<b>Radio de acción</b>	<b>Calificación</b>
Área del proyecto	± 1
Área de influencia	± 2
Localidad	± 3
Regional	± 4
Nacional	± 5

#### 7.9.2.3 Duración

Los impactos pueden mantenerse en lapsos cortos de tiempo, o bien, permanecer por largo tiempo, resultando en efectos temporales o permanentes.

duración	Calificación
Intermitente (aparece por momentos espaciados)	± 1
Temporal (solo en el momento de la actividad realizada)	± 2
Semipermanente (durante la vida útil de la estación)	± 3



Semipermanente (mayor a la vida útil de la estación)	± 4
Permanente	± 5

Las características que se califican para la matriz son diez, siendo los valores máximos para ambos efectos de +50 ó -50 cuando se efectúa la suma algebraica en un determinado renglón.

De esta manera la penúltima columna de la matriz de evaluación, está destinada para la asignación de un factor de peso, éste se obtiene asignándole un valor menor o igual a la unidad dependiendo de la importancia del impacto con respecto al beneficio social de la obra, se recomienda tomar en cuenta:

- La conservación del medio
- La salud poblacional
- El beneficio en la prestación del servicio
- El bienestar de la comunidad
- Ámbito de importancia
- Mejora la calidad de vida.

Posteriormente el factor de peso se multiplica por el indicador total para obtener el valor del impacto, el cual se presenta en la última columna de la matriz e indica el valor neto del impacto por cada atributo ambiental a evaluar.

#### **7.10 Descripción de los impactantes ambientales**

Una vez realizada la identificación y evaluación de los impactos, la información deberá ser analizada por un grupo interdisciplinario que permita tener diferentes opiniones y con ello enriquecer tanto la evaluación como las medidas que serán necesarias aplicar.

Para enriquecer y facilitar la descripción, es necesario que la evaluación se realice desde un punto de vista absoluto con el dimensionamiento del impacto por el uso de modelos, normas y comparación con índices (calidad del aire, agua y recursos) y en forma relativa por el establecimiento de escalas arbitrarias en base a concenso de expertos (cambios sociales, estéticos, afectación cultural, etc.).

Además, la descripción que se presente deberá ser lo más detallada posible, sobre los impactos detectados con mayor significancia, destacando su origen, evolución, incidencia y repercusión sobre los elementos ambientales que serán afectados, resaltando la posible interrelación entre impactos que en algún momento pudieran ocasionar efectos de mayor magnitud.

#### **7.11 Descripción del escenario ambiental modificado**

Deberá presentar la descripción de la posible conformación del medio como consecuencia de la modificación de sus condiciones naturales. Para lo cual, se deberán tomar en cuenta las características particulares que presente el sitio antes del desarrollo de la estación proyectada, así como los impactos ambientales de mayor significancia que podría sufrir el medio al ejecutar las obras y actividades de la misma.

Se describirán los impactos detectados de mayor significancia, destacando su origen, evolución, incidencia y repercusión sobre el ambiente que será afectado, sobre todo en aquellos cambios que se puedan presentar a un mediano o largo plazo e impliquen efectos mayores.

La información aquí presentada podrá comparar las condiciones existentes antes y después del proyecto para los siguientes puntos:

- Características climáticas
- Características del suelo
- Características del agua
- Vegetación
- Fauna
- Demografía
- Servicios urbanos
- Aspectos económicos
- Aspectos históricos, sociales, arqueológicos y étnicos.

Tendrá especial importancia que al analizar y describir el ambiente modificado como producto de las actividades de la estación, se tenga una visión más amplia para incluir aquellos factores que pudieran incrementar los impactos o simplemente modificarlos por condiciones no contempladas para el proyecto, como sería el caso de:

- Cambios poblacionales que alteren el volumen generado de basura per-cápita
- Cambios de las características de los residuos, de contener más material orgánico a inorgánico
- Modificaciones estructurales de la estación
- Cambios en la urbanización cercana a la estación, por lo tanto de zonas habitadas, comercios, y servicios o infraestructura de zonas aledañas
- Modificación del uso del suelo
- Alteración de la calidad del aire

### **7.12 Medidas de mitigación**

Una vez analizados y evaluados los impactos con efectos al ambiente y a la salud, generados por las diversas actividades de cada etapa del proyecto de estación de transferencia, se deberán plantear las medidas de mitigación encaminadas a la eliminación reducción o compensación de impactos.

Las medidas de mitigación son el conjunto de estrategias correctivas que se emiten como resultado del análisis de la evaluación con el objeto de minimizar los efectos negativos, prevenirlos o mejorar aquellos efectos con potencial positivo.

Para plantear las medidas de mitigación deberá tomarse como punto de referencia la evaluación de impactos en la matriz de cribado, considerando los efectos más significativos, y la evaluación cuantitativa, con la finalidad de aplicar medidas tendientes a reducir áreas de afectación, reducir la duración de los efectos que sean negativos o indicar la forma de eliminarlos en forma definitiva, evitar impactos negativos derivados ya sean simples o complejos, reducir la magnitud de impactos negativos.

Las medidas propuestas deberán enfocarse entre otras cosas a:

- Reducir o eliminar el impacto a través del tiempo con la implementación de programas de preservación y mantenimiento durante la vida útil de la estación de transferencia
- En ocasiones, la formulación de una medida no necesariamente se aplicará a un impacto, pues existen casos en que una sola medida puede emplearse para más de un impacto
- Alternativas para proteger a la población (control de fuentes, control de exposición y servicios de salud)
- Describir cada una de las medidas planteadas e indicar su factibilidad de aplicación dependiendo del costo y la eficiencia de mitigación o eliminación
- Replanteamiento de obras complementarias
- Proponer los procedimientos para preservar la vegetación; por ejemplo, realizar despalmes selectivos o la regeneración de áreas.
- Sugerir la contratación local del personal
- Recomendar el sistema de control de contaminantes
- Revisión de los criterios o condiciones que debe reunir el sitio, cuando se detecten fallas en la Ingeniería de diseño
- Capacitación del personal, tanto para la operación como para posibles emergencias
- Cambios en las condiciones de operación
- Durante la operación y/o mantenimiento cuidar el buen funcionamiento del equipo o maquinaria
- Indicar planteamientos específicos como preservar el suelo o evitar su contaminación
- Recomendación o modificación de especies para (re)forestar el área
- Evitar la contaminación del agua
- Sugerir programas de monitoreo o modificarlos si ya existen, etc.

### **7.13 Recomendaciones**

Las recomendaciones aquí presentadas pretenden encaminar al elaborador y al proponente del estudio, a que consideren diversas situaciones que se podrían manifestar durante la operación de la estación y que en ocasiones, no son contempladas al realizar la evaluación ambiental, pero que resultan de gran interés para evitar algún efecto ambiental, a la salud o a la infraestructura de la estación a un mediano o largo plazo.

A continuación se presentan algunos factores que ayudarán a elaborar un análisis más completo y a proponer las medidas y/o monitoreos con un mayor alcance para un ambiente modificado.

Un incremento en la generación de residuos requerirá la ampliación a las instalaciones o de reducir tiempos muertos, en el primer caso, la estación necesitará mayor número de recolectores y transferencias, mayor número de tolvas, más empleados; se incrementará el consumo de energía y combustible, lo mismo sucederá con la demanda de servicios por parte del personal; los gastos por conceptos de mantenimiento como podría ser la cantidad de agua de lavado o lodos hacia el alcantarillado; aumenta la probabilidad de que existan o se incrementen las poblaciones de fauna nociva.

A mayor número de vehículos va a aumentar:

Intensidad del ruido interior (si la estación es cerrada) o hacia el exterior con el posible aumento de vibraciones.

Considerándolo como una fuente fija, se tendrían más emisiones por el número de descargas de los residuos y por el tránsito vehicular interno (partículas y gases).

Si no se modifican los accesos y vialidades circundantes a la instalación, es muy probable que provoquen "encolamientos" y con ello problemas viales.

Si el cambio se diera en las características físico-químicas de los residuos, pero que no aumentaran los volúmenes, muy probablemente no requeriría mayores modificaciones el diseño de la estación, incluso podría suceder que algunas situaciones que actualmente representan o provocan cierto impacto disminuyeran o desaparecieran, como podría ser el caso de las partículas suspendidas que están estrechamente relacionadas al tipo de residuos manejados actualmente.

Si sólo ocurren cambios de este tipo, otras condiciones que podrían cambiar serían :

La concentración o tipo de partículas viables; esto puede suceder si se tiene la tendencia al consumo de productos sintéticos o con características de embalaje similares a las que presentan los países industrializados en donde el porcentaje de contenido de materia orgánica es mínimo comparado con el contenido de plástico, papel y cartón.

Si no se elaboran adecuados programas de recolección, y se destinan días específicos para recoger determinado residuo, siempre va a existir el problema de que se mezclen materiales sintéticos con los que contienen alto contenido orgánico y por lo tanto su degradación puede verse alterada y seguir produciendo altas concentraciones de partículas viables, o bien que sucediera lo contrario en caso de hacer un ajuste a los sistemas de recolección.

Si hubiera cambios en las características fisicoquímicas podría suceder que como parte importante del sistema de manejo de residuos, se le diera mayor importancia al reciclaje en todos los niveles; desde el doméstico o de casas habitación, en la planta y en los sitios de disposición en lugares específicos, lo cual de suceder pudiera tener repercusión de tipo socioeconómico o físico al disminuir la generación de partículas suspendidas incluidas las viables. En el caso anterior podría decirse que al contrario de estar generando impactos negativos estos serían de carácter positivo.

Entre algunas otras situaciones que se pudieran dar y suceder esos cambios podrían mencionarse:

A menor cantidad de materia orgánica destinada a los sitios de disposición final menor será la cantidad de lixiviados.

Obtención de algún beneficio económico a partir del comercio de residuos (reciclaje) que pueda ser utilizado dentro de los mismos gastos del sistema de manejo.

De recuperarse grandes cantidades de subproductos comercializables, el tiempo de vida útil de los sitios de disposición aumentaría y habría importantes reducciones de presupuesto destinado al mantenimiento del sitio.

Se conseguiría a nivel institucional o gubernamental una buena imagen pública, que para proyectos posteriores fuera benéfica y permitiera agilizar las labores planteadas por los coordinadores de determinado sistema de manejo.

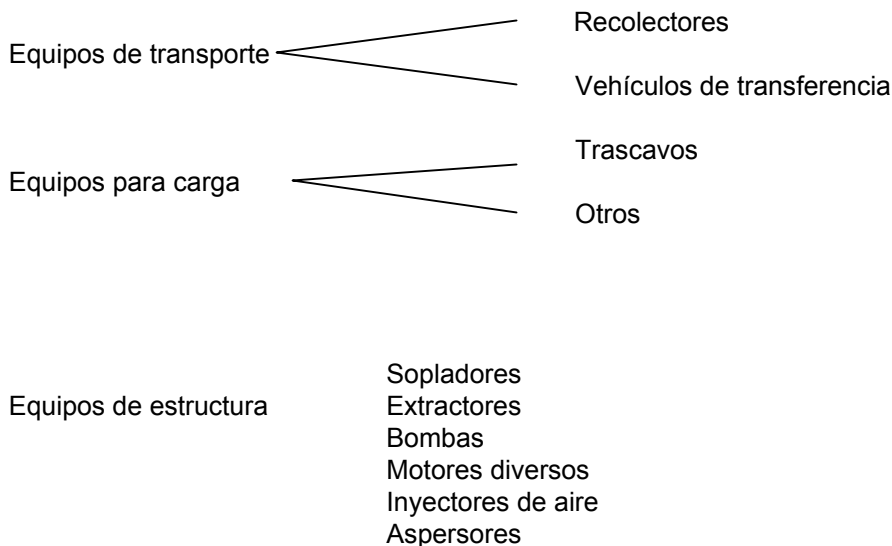
En el caso de que ocurran las dos situaciones, es decir, que haya aumento de generación y además cambio de las características de los residuos podrían esperarse que sucedieran todos los puntos descritos anteriormente.

No se menciona nada en el sentido de que pudiera disminuir la generación ya que tal situación es poco probable que se presente, por lo que pudiera suceder sería que se mantuviera (n) por tiempos prolongados el o los volúmenes que actualmente se manejan.

Esta idea se basa en que la población está en constante aumento y por lo tanto la generación per cápita también aumenta, aunado a que también es cada día más común la práctica consumista de la población.

Algún cambio que se diera con respecto a los equipos utilizados y al proceso que se da podría (n) generar situaciones como las que a continuación se describe:

Primeramente, se tendrá que dar cierta clasificación o categorización de los equipos regularmente utilizados en cualquier sistema de manejo.



En general podría decirse que en cuanto cualquier institución cuente con la cantidad de equipo necesario y que esté en buenas condiciones, su desarrollo será más eficiente y además se podrá garantizar la poca o nula afectación al medio ambiente.

Sobre el número de vehículos que debe tener cada instalación, este debe planearse de acuerdo a otros estudios que señalen las necesidades de ese equipo; la cobertura que se haya planeado cubrir, los estudios de generación, etc.

Obviamente, mientras más eficientes sean los vehículos y los operadores, habrá mayores beneficios en general de acuerdo a lo siguiente:

A mayor número de vehículos, mayor cobertura y menor proliferación de tiraderos clandestinos, por lo tanto menos contaminantes.

De implementarse programas de reciclaje, tendrán que haber vehículos especiales para tal fin, lo que quizá requiera de personal calificado que a la larga limite la participación de todo tipo de obrero o ayudante lo cual podría ocasionar cierto problema de desempleo (si no se capacita al personal).

Es indispensable para toda instalación el contar con el equipo anticontaminante que más convenga a las características de su proceso; por ello no podría pensarse que el prescindir de equipo especializado garantice la generación de impactos hacia su entorno, por lo que entonces la tendencia de todas las instalaciones debe ser la implementación de equipo y que además esté en buenas condiciones.

El equipo mencionado podrá variar muy poco, por lo que solo deberá vigilarse la cantidad adecuada y su mantenimiento para tener el buen funcionamiento asegurado.

Por otra parte, algo similar ocurre en cuanto al proceso ya que la variación sería mínima o quizás no se dé porque significa regresar a prácticas antiguas; si sucede lo contrario y el cambio es para mejorar, entonces lo que se tendría sería una reducción aún mayor de impactos y se tendría que esperar a conocer el nuevo proceso.

Una última recomendación para la presentación del estudio, es que la información recopilada en el documento, deberá estar referenciada con la bibliografía utilizada y fuentes de información consultadas.

## 8. MONITOREO AMBIENTAL

---

La tendencia a nivel mundial, es dar una mayor atención a las cuestiones ambientales, sobre todo aquellas relacionadas con el quehacer humano. Sin embargo, dentro del tema de los residuos sólidos, este interés es incipiente y sólo en algunos países se llevan a cabo, en forma sistematizada, acciones de monitoreo para el control de impactantes ambientales.

En los Estados Unidos de América, la Agencia para la Protección del Ambiente ( EPA ), ha elaborado Normas tendientes a mejorar la operación de las instalaciones para el manejo de los residuos, así como para realizar la evaluación de impactantes.

En algunos países europeos como Alemania, el monitoreo ha cobrado importancia en cierta medida y se realizan trabajos de investigación para conocer el comportamiento de los impactantes y su posible influencia en las características de diversos elementos del entorno como aire, suelo y acuífero.

En la actualidad, con el fin de que este tipo de instalaciones operen adecuadamente, es necesario crear un Programa de Monitoreo Ambiental que permitan mantener los diferentes impactantes ambientales producto de dicha operación, dentro de los límites máximos permisibles que marca la Normatividad en materia ambiental.

Los parámetros que se determinan y evalúan, en las Estaciones de Transferencia, son principalmente partículas aerotransportables y ruido.

Los resultados obtenidos a través de estos programas, permitirán establecer medidas preventivas y correctivas, que sirvan para que la operación en dichas instalaciones se hallen orientadas por criterios donde los aspectos ambientales sean prioritarios.

### 8.1 Definiciones de monitoreo ambiental

"Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control" (Sors, 1987).

"El monitoreo ambiental no es un fin por sí mismo, sino un paso esencial en los procesos de administración del ambiente" (Rockefeller Foundation, 1977).

Según estas definiciones, se puede observar la importancia que actualmente tiene el monitoreo en los diversos procesos de la actividad humana; y como acertadamente se menciona, es una herramienta fundamental dentro de todo aquel desarrollo o procedimiento que se desee sea controlado y seguro.

### 8.2 Criterios de monitoreo

Existen varios criterios para determinar la logística de un Programa de Monitoreo, en especial para las instalaciones relacionadas con el manejo de residuos, deben tomarse en cuenta los siguientes:

- a) Según el tipo de instalación:
  - Estación de transferencia
  - Planta de tratamiento
  - Sitio de disposición final en operación o clausurado
- b) Según la ubicación de la instalación:
  - Tipo de asentamientos colindantes
  - Aspectos climatológicos
  - Condiciones geológicas y topográficas
  - Características de la zona de amortiguamiento.
- c) Según la cantidad y el tipo de residuos manejados.
  - Residuos municipales
  - Residuos especiales
  - Residuos industriales
- d) Según la eficiencia de la operación.
  - Procedimientos operativos

- Procedimientos de supervisión
- Procedimientos de mantenimiento y limpieza

Con base en los anteriores criterios y tomando en cuenta la normatividad existente, es posible definir más claramente los siguientes aspectos:

- Selección de los indicadores de impacto (impactantes ambientales).
- Determinación de la frecuencia mínima necesaria de los muestreos, para el análisis de tendencias y correlación de causa - efecto.
- Selección de los puntos de monitoreo, tomando en cuenta la ubicación específica de las actividades que pueden generar impactantes.
- Determinación del tipo de datos a obtener y su forma de almacenamiento y análisis.

Cabe señalar que el aspecto económico en muchas ocasiones limita los programas debido a que, por lo general, los análisis que deben realizarse implican un alto costo, es necesario tomar esto en cuenta, con el fin de llevar a cabo la programación de la mejor manera posible.

A continuación se ejemplifica el tipo de parámetros y la frecuencia con que deben ser muestreadas las estaciones de transferencia.

parámetros	pst.	part. viables			biogas	lixiviados	ruido
instalación		h	s	c			
est. de transferencia	b	b	b	b	---	---	d

b = bimestral                      h = hongos y levaduras  
d = diario                              s = salmonella  
c = coliformes fecales

### 8.3 Técnicas y normatividad empleada

Uno de los aspectos que deben ser más cuidados en los programas de monitoreo, es la obtención de las muestras que serán analizadas, ya sean de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, porque de esto dependerá en gran medida, la veracidad de los resultados. Para el caso de impactantes que no requieren de infraestructura construida expofeso, es necesario definir puntos y/o puertos de muestreo estratégicamente ubicados dentro y fuera de las instalaciones que garanticen resultados confiables.

La normatividad existente en materia ambiental, y el desarrollo de técnicas y procedimientos que se aplican al monitoreo de parámetros en instalaciones para el aseo urbano, no son aún suficientes para cubrir el amplio espectro de impactantes que se generan por el manejo de los residuos sólidos. Sin embargo, en los programas que se aplican para la Ciudad de México, se ha tratado de cubrir la mayor cantidad, empleando las técnicas de muestreo y análisis que se consideran más adecuadas y aplicando la normatividad (tabla 8.1) que más se ajuste al caso de los residuos sólidos.

## TECNICAS Y NORMATIVIDAD EMPLEADAS EN EL MONITOREO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

TABLA 8.1

impactantes	parámetros	técnicas	normas
partículas en aire	partículas suspendidas totales	muestreo de alto volumen	norma oficial mexicana nom-ccam-02-ecol-93 límite máximo permisible: 275 mg/m <sup>3</sup>
	microorganismos en aire	muestreo con impactador andersen	no existe
ruido ambiental	ruido	lectura directa en campo	no existe

#### 8.4 Programa de monitoreo

Los programas de monitoreo para control ambiental, en ocasiones son requeridos por las autoridades competentes para la aprobación de actividades que impliquen cambios en el medio, con el fin de salvaguardarlo.

La calidad del ambiente puede medirse periódicamente, mediante este tipo de programas que determinan y en algunos casos pueden ayudar a predecir el nivel de contaminantes.

Para el desarrollo de estos programas se requiere de una búsqueda de datos de referencia que describan el medio ambiente en su forma original, así como elegir la distribución estadística que indique la calidad del mismo. Los métodos más usuales son la distribución Normal (Gaussiana) y la distribución Logarítmica.

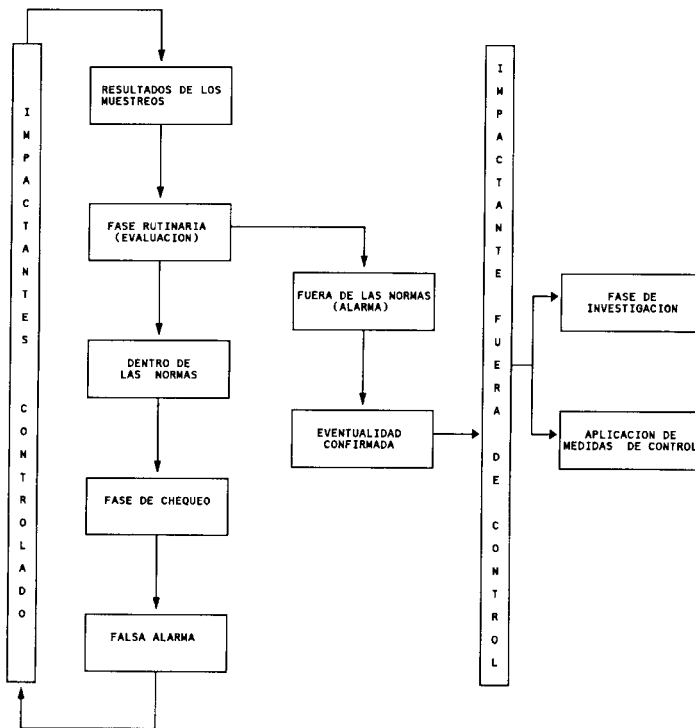
Los períodos que deben considerarse para estos programas son:

- Período de construcción de la instalación.
- Período de operación de la instalación (monitoreo rutinario).

Con los resultados obtenidos durante los muestreos, se realiza una evaluación con respecto a las normas establecidas, si estas no son rebasadas se considera que el impactante se encuentra bajo control. En caso de que esto no sea así, se pasa a la fase de chequeo a través de la cual se puede confirmar si se están rebasando los límites que la normatividad indica como máximos permisibles, o simplemente fue una falsa alarma. Cuando ocurre lo primero, el impactante se encuentra fuera de control y es necesaria una fase de investigación que permita tomar la decisión más adecuada para implementar las medidas de control del impactante (figura 8.1).

### ESQUEMATIZACION DE LAS DIFERENTES FASES QUE DEBE CONSIDERAR UN PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL FIGURA 8.1

Figura 8.1  
Esquemización de las diferentes fases que debe considerar un Programa de Monitoreo Ambiental





### 8.5. Metodología

Para el caso de los residuos sólidos, el monitoreo es una valiosa herramienta que como ya se ha mencionado, permite mantener bajo control a los impactantes ambientales derivados del manejo, tratamiento y disposición final de dichos residuos.

Los impactantes que se evalúan y sus respectivos parámetros, se muestran en la tabla 8.2.

**TABLA 8.2**

INSTALACION	IMPACTANTES	PARAMETROS
ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	× PARTICULAS AEROTRANSPORTABLES	× PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES
	× RUIDO	× PARTICULAS VIABLES
	× RADIOACTIVIDAD	
	× GASES DE COMBUSTION	
	× AIRE ATMOSFERICO CIRCUNDANTE	
	× METEOROLOGIA	

La calibración y verificación de los equipos de medición, debe tomarse como una medida necesaria para poder asegurar resultados verídicos y exactos, para con ello realizar comparaciones con normas y obtener conclusiones prácticas.

El control y la medición a realizar en estaciones de transferencia para los residuos sólidos considera a los siguientes parámetros:

- a) **Aire:** Partículas suspendidas totales  
Partículas viables
- b) **Otros:** Ruido  
Radioactividad  
Condiciones meteorológicas

#### 8.5.1 Equipos y método para determinación de partículas suspendidas totales en el medio ambiente

Para Partículas Suspendidas Totales (PST) se realizarán monitoreos dentro de estaciones de transferencia, los resultados nos llevan a una caracterización completa de la concentración de partículas en las instalaciones.

La determinación de las Partículas Viables se realizará en el mismo punto de muestreo predeterminado para las PST, las partículas se capturan con el equipo Andersen y se utilizan cajas petri con agares selectivos como medios de cultivos, se utilizan 4 cajas para cada parámetro y son tres parámetros a analizar (coliformes fecales, salmonella y hongos).

Los principales datos meteorológicos a utilizar son la velocidad media dominante y dirección del viento, humedad relativa, temperatura máxima, mínima, promedio y precipitación pluvial; estos datos deben de ser registrados diariamente.

Con información recopilada de los monitoreos ambientales se obtendrán resultados que generen medidas para tener una operación segura y confiable dentro de estaciones de transferencia, que eviten la generación de impactantes ambientales y puedan afectar a las propias instalaciones y a su entorno urbano-ambiental, lo cual puede ocasionar que se deteriore la salud, tanto de los empleados de las instalaciones como de la población asentada en dicho entorno.

#### Métodos y equipos

Clasificación de métodos y procedimientos

- Equipos y método para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el medio ambiente.
- Equipo y método para la determinación de ruido en el medio ambiente.
- Equipo y método para la determinación de radioactividad en el medio ambiente.
- Equipos y método de medición para la cuantificación de partículas viables en el medio ambiente.
- Meteorología

El procedimiento por el que se determina la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el medio ambiente, provenientes de una o más fuentes, es mediante un muestreo perimetral. Dicha concentración se obtiene mediante el cálculo de la ganancia de masa neta colectada de partículas, divididas entre el volumen o flujo real de la muestra que pasa por el medidor y se expresa en microgramos por metro cúbicos ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) patrón corregido a las condiciones de referencia.

El método estándar para la determinación de la emisión total de partículas es el de alto volumen, el cual consiste de un equipo muestreador que succiona a través de un filtro una cantidad determinada de aire hacia el interior de la caseta o coraza de protección del equipo, durante un período de muestreo determinado. La velocidad de aire muestreado y la geometría del equipo de muestreo son tales que favorecen la recolección de partículas hasta de 50 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro aerodinámico, dependiendo de la velocidad y su dirección.

Equipo de medición

- Filtros
- Muestreador de alto volumen
- Medidor de flujo
- Termómetro
- Barómetro
- Cronómetro
- Balanza analítica
- Foliador

#### **Filtros**

Los filtros usados para llevar a cabo este muestreo deben tener una eficiencia de recolección mínima del 99% para partículas de 0.3  $\mu\text{m}$ , el tamaño del filtro debe ser de aproximadamente de 20.3 x 25.4 centímetros.

Estos filtros deberán ser preferentemente de fibra de vidrio o de algún otro material inerte no higroscópico. El rango de caída de presión es de 5.6 a 7.2 Kpa a un flujo 1.5  $\text{m}^3/\text{min}$ . a través del área expuesta y una resistencia a la tensión de 500 g. para una tira de 2 cm. de ancho.

#### **Equipo muestreador de alto volumen**

El equipo muestreador deberá de disponer de medios o accesorios para fijar y sellar el filtro dentro de la coraza del equipo muestreador, permitiendo el adecuado cambio de filtro sin que existan fugas que conduzcan a errores de medición.

Este equipo debe contar con una bomba de succión que permita una velocidad mínima de flujo (en un filtro saturado de partículas) de 1.1  $\text{m}^3/\text{min}$ . y una velocidad máxima de flujo (en un filtro limpio) de 1.7  $\text{m}^3/\text{min}$ . y el motor de esta bomba debe ser capaz de funcionar durante 24 horas continuas.

La coraza del equipo muestreador debe ser de forma rectangular con una cubierta, la cual debe cubrir y proteger adecuadamente el filtro y al equipo de muestreo de la lluvia y de otros elementos del clima. Esta coraza del equipo muestreador también debe ser diseñada de modo que minimice la recolección de polvos de la superficie de apoyo, adaptando una protección entre el ducto de salida de aire y la superficie de apoyo.

#### **Dispositivo para la medición de flujo**

El equipo muestreador debe disponer de un medidor de flujo capaz de indicar la velocidad de flujo total. El medidor de flujo más comúnmente usado es el de orificio, colocado en el trayecto de la corriente de aire junto con el medidor de presión.

Este instrumento nos indica la temperatura aproximada del aire en el orificio de medición de la velocidad de flujo. Las temperaturas registradas aquí son de gran utilidad cuando se requiere hacer correcciones por temperatura.

El rango que debe manejar este termómetro es de -40 °C a 50 °C y una resolución de 2 °C.

#### **Barómetro**

El barómetro nos indica la presión barométrica en el orificio de medición de la velocidad de flujo, y se utiliza cuando se requiere hacer correcciones por presión. Este medidor de presiones debe tener un rango de 66 a 106 Kpa, con una resolución de más ó menos 0.6 Kpa.

#### **Cronómetro**

Este instrumento se utiliza únicamente para tomar la lectura del tiempo inicial y total de operación del equipo muestreador de alto volumen.

#### **Balanza analítica**

La balanza analítica es empleada para el pesaje de los filtros antes y después de ser usados en la recolección de las partículas. La sensibilidad de la balanza debe ser de 0.001 mg. la cámara de pesado debe estar diseñada para que pueda ser introducido un filtro sin doblar.

#### **Foliador**

Con ayuda de un foliador se enumeran todos y cada uno de los filtros que serán utilizados en el muestreo de partículas totales, con la finalidad de llevar un control de pesaje de estos filtros.

#### **Procedimiento de muestreo**

- Primeramente se enumera cada filtro en dos orillas opuestas de la cara que no va a ser expuesta a la corriente de aire, si es que no está numerada previamente por el fabricante.
- Inspeccionar a contra luz cada filtro para detectar posibles orificios u otras imperfecciones. Deben descartarse los filtros con imperfecciones evidentes.
- Mantener a condiciones ambientales controladas el filtro por lo menos durante 24 horas.
- Después del paso anterior, pesar cada filtro llevando la fracción al miligramo más cercano y registrar el peso neto del filtro junto con su número.
- No doblar o maltratar el filtro antes de colectar la muestra.
- Levantar la cubierta, instalar el filtro preparado y numerado en el muestreador siguiendo las especificaciones del fabricante. La cara rugosa del filtro deberá estar hacia arriba. Cuando las condiciones climáticas sean adversas, deben tomarse precauciones adicionales al cambiar los filtros para evitar dañar los limpios y la pérdida de muestra del filtro cargado.
- Cerrar la tapa y poner a funcionar el muestreador por lo menos durante 5 minutos, a fin de lograr la temperatura de operación.
- Registrar la lectura del indicador de flujo y en caso necesario, la presión barométrica y la temperatura ambiente. Detener el muestreador y determinar la velocidad de flujo del muestreador, si esta fuera del rango aceptable (1.1 a 1.7 m<sup>3</sup>/min.) utilizar otro filtro o ajustar la velocidad de flujo del muestreador. Ajustes sustanciales pueden afectar la calibración.
- Registrar la información que identifique el muestreador (número de filtro, sitio, fecha del muestreo y hora de inicio).
- Poner el dispositivo de control de tiempo para activar y detener el muestreador, de modo que funcione el tiempo que sea requerido para muestrear.
- Poner a funcionar el muestreador por lo menos durante 5 minutos, para establecer nuevamente la temperatura de operación, tan pronto como sea posible después del período de muestreo y sin retirar la muestra.
- Registrar la lectura del indicador de flujo y en caso necesario, la presión barométrica y la temperatura ambiente.
- Al finalizar el período de muestreo, detener el muestreador y quitar cuidadosamente el filtro. Tocar únicamente sus bordes. Doblarlo a lo largo, de modo que solamente se toquen entre sí las superficies con las partículas coleccionadas y colocarlo dentro de un sobre de papel manila.
- Anotar la hora de término y el tiempo transcurrido en la hoja de registro del filtro.
- Anotar en la hoja de registro todos los factores de interés, como las condiciones meteorológicas, actividades de construcción y tormentas de arena entre otras, que pudieran afectar la medición.
- En el caso de que la muestra sea defectuosa desecharla.

## **8.5.2 Equipos y método de medición para la cuantificación de partículas aerotransportables y viables en el medio ambiente**

### **Muestreo y análisis de partículas aerotransportables.**

#### **a) Partículas suspendidas totales.**

El método de referencia para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en aire atmosférico, es el conocido como de alto volumen, mismo que se realiza por medio de un muestreador que succiona a través de un filtro una cantidad determinada de aire atmosférico durante un período de 24 horas. La velocidad de flujo y la geometría del muestreador son tales, que favorecen la recolección de partículas hasta de 50 micrómetros de diámetro, dependiendo de la velocidad del viento y su dirección. Los filtros usados deben tener una eficiencia de recolección mínima del 99% para partículas de 0.3 mm.

La concentración de partículas totales se calcula dividiendo la masa de partículas recolectadas entre el volumen de aire muestreado y se expresa en microgramos por metro cúbico, corregidos a las condiciones de referencia.

Un estudio de contaminación ambiental en las estaciones de transferencia, implica también la identificación y cuantificación de los microorganismos que se encuentran suspendidos en el medio ambiente junto con las partículas de polvo y se les llama partículas viables. El objetivo es establecer los daños que estas pueden causar al organismo humano.

Las partículas aerobiológicas son retenidas mediante un equipo de muestreo Andersen de dos etapas, el cual simula el sistema respiratorio humano. Cada una de las etapas tiene una placa de aluminio con 200 orificios de 1.5 mm de diámetro en la primera etapa y de 0.4 mm en la segunda. Este equipo de muestreo de dos etapas caracteriza a las partículas viables en partículas respirables y en partículas no-respirables, las partículas no-respirables se detienen a nivel de garganta y las respirables llegan a nivel de pulmón.

Los agares selectivos que sirven como medios de cultivo para la identificación y cuantificación de los microorganismos coliformes, salmonella y hongos, son preparados en un medio estéril y esterilizados en autoclave a 121°C (15 lb de presión) durante 15 min. para que no se contaminen, posteriormente son vaciados 20 ml. de medio de cultivo por cada caja petri de 100 x 15 mm. Después del vaciado las cajas petri se refrigeran a 4°C para evitar el crecimiento de microorganismos hasta antes de usarse en el muestreo.

Al finalizar el muestreo y sacar las cajas petri del cabezal Andersen, estas se colocan dentro de la incubadora del laboratorio a una temperatura de 44.5°C si se trata de coliformes fecales y a 35°C para hongos y salmonella durante 48 horas.

Los microorganismos se adhieren al polvillo y sólo una muy pequeña parte de gérmenes permanecen por mucho tiempo en el aire, puesto que éste no les puede ofrecer medios de cultivos de nutrición y la desecación y las radiaciones solares determinan su destrucción. Por esta razón es necesario la utilización de medios de cultivos para la cuantificación de las bacterias, y con ayuda de la tabla de criterios de Boutin establecer los límites de contaminación para las colonias desarrolladas.

Equipo utilizado para el muestreo de partículas viables

- Equipo Andersen
- Cajas petri con medios de cultivos
- Bomba de succión
- Tripie

#### **Equipos Andersen**

Para la cuantificación de las partículas se utiliza el equipo de muestreo Andersen de dos etapas con impactores tipo cascada de multi-orificios; este equipo se utiliza cuando no es necesario saber la distribución del tamaño de las partículas y solamente se requiere especificar a las partículas viables y no respirables.

En la etapa superior del cabezal Andersen se depositan las partículas viables no respirables cuyo diámetro aerodinámico es menor de 1.4 mm, en la etapa inferior se depositan las partículas aerobiológicas respirables, cuyo diámetro aerodinámico es menor de 0.3 mm.

El equipo muestreador Andersen se coloca aproximadamente a 1.5 m del nivel del suelo con un flujo de aire de 28.4 l/min. y un tiempo de muestreo de 5 o 10 min. Este equipo es complementado con cajas petri que contienen un medio de cultivo específico para facilitar el crecimiento de las bacterias.

### **Cajas petri con medio de cultivo**

Los microorganismos necesitan nutrientes apropiados así como condiciones ambientales adecuados para su desarrollo, por lo que los caldos de cultivo apropiados proporcionan los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de estos microorganismos. Los caldos de cultivo utilizados para la cuantificación de la salmonella, coliformes y hongos son agares selectivos que facilitan el desarrollo de estas bacterias.

#### **Bomba de vacío**

La bomba de succión o de vacío deberá ser de una potencia tal que nos proporcione un flujo de 28.4 l/min. durante 45 minutos, el flujo de aire deberá ser calibrado con ayuda de un medidor de flujo.

#### **Tripie**

Este equipo es utilizado únicamente como soporte del muestreador Andersen proporcionando la altura a la cual necesita estar localizado el equipo.

#### **Procedimiento de muestreo**

- Primeramente se desinfecta el área de trabajo con fenol al 5% o alcohol.
- Se rotulan los medios de cultivo, anotando la fecha, sitio, zona, número de muestra y tiempo de muestreo.
- Posteriormente las cajas petri con los medios de cultivos se ambientan.
- Se procede a realizar la limpieza del cabezal Andersen así como la desinfección de este con fenol al 5% o alcohol.
- Se colocan los medios de cultivo para la cuantificación de los hongos en el cabezal Andersen.
- Se acciona la bomba de succión durante 5 minutos, después de ese tiempo se saca el medio de cultivo y se manda a incubación para su identificación y cuantificación.
- Nuevamente se procede a limpiar y a desinfectar el cabezal Andersen
- Se repiten los pasos 2 al 7 pero en el paso 6 en vez de ser 5 minutos se emplean 10 minutos.
- Se repiten los pasos del 1 al 8 empleando el medio de cultivo para la determinación de salmonella.
- Se repiten los pasos del 1 al 8 empleando el medio de cultivo para la determinación de los microorganismos coliformes.

### **8.5.3 Equipo y método para la determinación de ruido en el medio ambiente**

Una definición desde el punto de vista práctico, utilizada y aceptada actualmente es aquella que considera al ruido como todo sonido indeseable. En esta definición se observan dos aspectos fundamentales que son sustancialmente: el sonido y la indeseabilidad.

Sonido se define como toda la variación de presión (en el aire, agua o cualquier otro medio capaz de propagarla) que pueda producir una vibración dentro de ciertos ámbitos de frecuencia y de intensidad. El sonido y el ruido, son una forma de energía y su proceso de producción obedece a leyes naturales por lo que es posible cuantificarlo físicamente de forma semejante a otras formas de manifestación de energía.

En lo que se refiere a la indeseabilidad, se caracteriza por ser consecuencia de un proceso mental desencadenado por la aparición de un estímulo externo (en este caso el ruido) cuya aparición es causa de bienestar. De esta manera, cuando se escucha un sonido desagradable inmediatamente surge el deseo de su desaparición. A ese sonido se le llama ruido.

Existen tres elementos que intervienen en la producción del sonido.

#### **1. Fuente**

Se considera como fuente toda aquella causa capaz de producir energía vibratoria.

#### **2. Medio**

El medio es un elemento físico resiliente, es decir, capaz de deformarse por la acción de una fuerza y restituir su forma original al cesar dicha acción.

#### **3. Receptor**

Es todo elemento capaz de percibir y transformar la vibración acústica.

En todo momento el ser humano produce emisiones de ruido debido a la gama de actividades que realiza, sin pensar que en cada una de éstas actividades daña y altera las condiciones de la vida natural y del medio.

La presencia del ruido en el ambiente modifica de una manera radical la vida de los seres, obligando a unos a emigrar, a otros a establecer mecanismos de resistencia adaptiva, y entre los seres humanos a modificar sus condiciones fisiológicas, psicológicas y conductuales.

Para medir los niveles de ruido se emplean ciertos aparatos e instrumentos especiales, los cuales se clasifican de acuerdo con la frecuencia que se utiliza y su grado de complejidad, a saber estas categorías son: equipo básico, equipo periférico y equipo sofisticado.

Equipos utilizados en la medición de los niveles del ruido

- Sonómetro
- Equipo calibrador del sonómetro
- Baterías

#### **Sonómetro**

El sonómetro es un aparato que mide niveles de precisión acústica y consta de un micrófono que convierte los impulsos de presión en impulsos eléctricos, los cuales son amplificados por un circuito electrónico y se manifiestan en una carátula en forma analógica o digital. La presentación de los niveles de presión sonora se lleva a cabo por un descriptor llamado decibel (dB) y es de forma instantánea. Actualmente la mayoría de los sonómetros tienen varios filtros o mallas de ponderación, para entender su uso es necesario realizar una simulación artificial de lo que sucede en el oído. Esta simulación se realiza con las curvas de ponderación o redes de sopeso, quedando determinados los niveles sonoros cuyos descriptores son: db(A), dB(B), dB(C) y dB(D), en donde la letra encerrada entre paréntesis indica el filtro o la red de sopeso utilizada. El uso de los diferentes descriptores dependen de lo que se desea medir, sin embargo, la práctica ha demostrado que para los estudios sobre molestias por el ruido, incluso en ruido intenso, solamente es útil la red "A" debido a que es la que más se asemeja al oído humano.

#### **Equipo calibrador del sonómetro**

Para la calibración del sonómetro, se utiliza una fuente que produzca un nivel de presión sonora constante o tonos puros de 125, 250, 1000 ó 2000 Hertz llamado calibrador. Antes de calibrar el sonómetro, se prueba la pila del calibrador para verificar que ésta se encuentra dentro del ámbito de carga, siguiendo las instrucciones que están detalladas en el mismo calibrador.

El calibrador acústico se coloca sobre el micrófono y se oprime el botón del calibrador, éste produce una presión acústica y calibrada.

#### **Baterías**

Las baterías son la fuente de poder que proporciona la energía necesaria para el funcionamiento adecuado del sonómetro, por lo que se debe cuidar que éstas se encuentren en buen estado.

#### **Procedimiento de muestreo**

- Una vez identificada el área de estudio se establecen los puntos de muestreo donde se tomarán las mediciones de ruido.
- Antes de empezar las mediciones, se checan las baterías del sonómetro, verificando que estas se encuentren en perfectas condiciones de operación.
- Después se checa la calibración del sonómetro con el calibrador, siempre y cuando el sonómetro no sea autocalibrable.
- Se coloca el sonómetro en el punto de muestreo a una altura aproximada de un metro apuntando siempre al interior del área de estudio.
- Luego de encender el sonómetro se debe de esperar a que se establezca la lectura, tomando siempre la lectura más alta.
- Este procedimiento se repite para cada uno de los puntos de muestreo establecidos previamente.
- En caso de que se tenga un punto de muestreo en el centro del área de estudio, se debe de dirigir el sensor del sonómetro hacia la salida o entrada de esta área de estudio.

### **8.5.4 Equipo y método para la determinación de radioactividad en el medio ambiente**

Hay tres tipos de emisiones ionizantes que son de gran interés en estudios ambientales: radiación alfa (a), radiación beta (b) y rayos gamma (g) y rayos X. La radiación alfa consiste en núcleos de helio energético (He) que son partículas cargadas positivamente, constituidas por dos neutrones y dos

protones. La beta también se compone de partículas cargadas ya sean positiva o negativamente. Los rayos gamma y X son radiaciones electromagnéticas similares a la luz pero con mayor energía.

Equipo utilizado

- Medidor geiger
- Cronómetro
- Baterías

#### **Medidor Geiger**

Los equipos empleados para medir la radioactividad varían dependiendo del modelo en cuanto a sus características específicas, pero en general los medidores geiger son equipos portátiles y operan con baterías; estos equipos detectan la radiación de los rayos alfa, beta, gamma y/o X dependiendo del detector utilizado.

Para que los efectos ambientales sobre el medidor no sean apreciables se debe operar el equipo en un rango de temperatura de -10°C a 60°C con pilas alcalinas.

El rango de humedad relativa debe ser de 0 a 95% no considerable.

#### **Cronómetro**

Algunos modelos de medidor geiger no cuentan con cronómetro instalado por lo que es necesario el empleo de un cronómetro adicional para la toma de tiempo de medición de la radioactividad.

#### **Baterías**

Se requiere de una batería alcalina de 9 volts por cada 50 horas de operación; estas baterías son la fuente de poder, las cuales deben de estar siempre en buen estado.

#### **Procedimiento de muestreo**

- Una vez identificada el área total de estudio, ésta se divide en zonas o áreas de muestreo donde se tomarán las mediciones de radioactividad mediante un barrido de zona a pie.
- Antes de empezar las mediciones, se checan las baterías del contador geiger, verificando que estas se encuentren en perfectas condiciones de operación.
- Desde el momento de encender el equipo, éste se encuentra listo para realizar el muestreo ya que la calibración del contador geiger viene desde la fábrica.
- Se realiza el recorrido por las zonas con el contador geiger dirigiendo el sensor hacia el lugar que se está monitoreando.
- Se anotan los valores de radioactividad y el tiempo de recorrido.
- Este procedimiento se repite para cada una de las zonas de muestreo establecidas previamente.

La cantidad de daño que se puede causar mediante la radiación ionizante esta en función de la cantidad de energía de la radiación que el material blanco absorbe y de la naturaleza de la radiación misma. La unidad de dosis original para la radiación ionizante es el roentgen que en términos de energía equivale a 87 ergios por gramos de aire, pero debido a que esta unidad está referida al aire en otros materiales, los valores obtenidos son variables y en consecuencia se creó el rad, siendo esta una unidad de dosis absorbida, equivalente a 100 ergios por gramo de materia absorbente. Existe una unidad nueva que se conoce como rem, donde:

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times Q$$

Q = es el factor de calidad, la cual está en función de la energía depositada por unidad de longitud

Radiación ionizante	Valor de Q
Rayos X	1
Rayos gamma	1
Rayos alfa	10
Rayos beta	1 a 1.7

Las partículas alfa tienen el menor poder de penetración y, por consiguiente, las fuentes externas de radiación alfa rara vez penetran en el cuerpo. De las fuentes externas, los rayos gamma son potencialmente los más dañinos debido a su gran poder de penetración, siguiendo los rayos X de menor energía.

### 8.5.5 Meteorología del área de estudio

Es la suma total de diversos estímulos atmosféricos a los que están sometidos las personas, las plantas y los objetos inanimados. Resulta relativamente fácil medir sus distintos elementos, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, precipitación pluvial, presión atmosférica, etc. pero es difícil encontrar un índice combinado que integre todos estos factores en una sola escala. A esto se le agrega el hecho de que estos elementos meteorológicos cambian día con día.

### 8.6 Caso práctico

Para el análisis de los ejemplos, se tomarán en cuenta los resultados obtenidos en monitoreos efectuados con anterioridad. Los resultados han sido ordenados según la época del año en que se recogieron, esto es, período de lluvia y período de estiaje, con el fin de determinar si esto es un factor que afecte la generación de partículas.

#### 8.6.1 Estación de transferencia "1"

##### 8.6.1.1 Partículas aerotransportables

En el caso de esta estación, el límite que indica la norma en ningún caso es rebasado, aunque se observa un incremento importante de la concentración de partículas en la época de estiaje. (Tabla 8.3).

#### RESULTADOS DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "1"

TABLA 8.3

PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (microgramos/metro cúbico)	
LLUVIA	ESTIAJE
104	108.7
140.6	246.8
118.4	245.8

Las partículas viables en la estación "1", disminuyen en la época de secas. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 8.4.

#### RESULTADOS DE PARTICULAS VIABLES EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "1"

TABLA 8.4

PARTICULAS VIABLES (Unidades Formadoras de Colonia/metro cúbico)					
LLUVIA			ESTIAJE		
H	S	C	H	S	C
6	ND	6	ND	ND	ND
212	99	155	64	92	53
297	141	85	99	28	106

H = Hondos y levaduras                      C = Coliformes fecales  
S = Salmonella                                      ND = No Detectado

#### 8.6.2 Ruido.

En la tabla 8.5, se presentan los resultados obtenidos en las mediciones de ruido de la estación "1". Como se observa, estos resultados no rebasan la norma de 90 decibeles, por lo que se considera que no existen problemas en esta estación, en lo que respecta a este parámetro.



**MEDICIONES DE RUIDO EFECTUADAS EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "1"**

**TABLA 8.5**

RUIDO AMBIENTAL (dB)
71.8
65.2
58.2

**8.6.3 Estación de transferencia "2"**

**8.6.3.1 Partículas aerotransportables.**

De acuerdo a la expectativas, esta estación resultó con algunos problemas en la concentración de partículas, debido a que no presenta las características necesarias para amortiguar este impactante. La tabla 8.6, muestra los resultados obtenidos para este caso.

**RESULTADOS DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "2"**

**TABLA 8.6**

PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (microgramos/metro cúbico)	
LLUVIA	ESTIAJE
134.3	463.4
427.2	1,123.2
661.9	1,069.6

Esta estación presenta un comportamiento distinto para el parámetro partículas viables, teniendo en promedio una mayor concentración en la época de estiaje con respecto de la de lluvias. Lo anterior se puede observar en la tabla 8.7.

**RESULTADOS DE PARTICULAS VIABLES EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "2"**

**TABLA 8.7**

PARTICULAS VIABLES (Unidades Formadoras de Colonia/metro cúbico)					
LLUVIA			ESTIAJE		
H	S	C	H	S	C
134	127	1,958	4,311	228	297
7	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	2	ND	10

**8.6.3.2 Ruido.**

Aunque ligeramente más altos que en el sitio anterior, los resultados de ruido en esta estación (tabla 8.8), tampoco rebasan el límite de 90 decibeles. En este caso es necesario mencionar que, aún sin la operación de la estación, los niveles de ruido en la zona son altos debido al constante tránsito de vehículos.

**MEDICIONES DE RUIDO EFECTUADAS EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "2"**

**TABLA 8.8**

RUIDO AMBIENTAL (dB)
72.0
76.2
76.2

## 8.7 Tratamiento de la información.

Para ejemplificar, tanto el tipo de tratamiento que puede dársele a la información obtenida de los programas de monitoreo ambiental, como la utilidad de dicho análisis; a continuación se presenta la evaluación estadística de la información concerniente a las partículas suspendidas totales, obtenida en las estaciones de transferencia, considerando dos universos: uno para la época de sequía y el otro para la temporada de lluvia. Solo se analizará el universo correspondiente a la época de sequía, a continuación se presentan todos los valores que integran el universo de PST para condiciones de sequía ordenadas del mayor al menor (tabla 8.9), incluyendo la aplicación de la prueba de rechazo para observaciones sospechosas, con el fin de reducir la dispersión estadística de dicha información:

Valores de PST en estaciones de transferencia para condiciones de sequía, ordenados con prueba de rechazo. (Tabla 8.10).

**TABLA 8.9**

ELEMENTO	VALOR	ELEMENTO	VALOR	ELEMENTO	VALOR
1	14.720	38	104.730	75	175.000
2	20.440	39	105.260	76	178.789
3	25.280	40	105.400	77	185.830
4	35.900	41	108.750	78	186.560
5	45.600	42	112.030	79	189.410
6	49.240	43	112.190	80	190.090
7	51.250	44	112.330	81	190.200
8	53.440	45	112.570	82	192.070
9	55.220	46	113.600	83	193.140
10	55.870	47	117.310	84	194.620
11	56.520	48	118.330	85	195.050
12	56.690	49	118.410	86	195.990
13	59.040	50	119.300	87	203.000
14	60.140	51	122.430	88	211.539
15	61.800	52	124.850	89	214.000
16	70.620	53	125.520	90	214.000
17	70.650	54	130.399	91	214.720
18	78.030	55	133.570	92	217.860
19	78.110	56	134.390	93	218.009
20	78.670	57	136.070	94	219.060
21	79.220	58	138.610	95	220.270
22	80.140	59	138.750	96	220.720
23	80.650	60	138.880	97	223.800
24	83.440	61	139.230	98	226.250
25	83.920	62	142.460	99	227.690
26	83.960	63	144.649	100	235.820
27	85.310	64	146.500	101	238.030
28	86.540	65	148.440	102	239.370
29	88.500	66	149.100	103	239.929
30	89.080	67	151.600	104	243.200
31	93.260	68	152.840	105	243.310
32	94.590	69	158.649	106	244.240
33	95.750	70	158.800	107	246.880
34	97.190	71	161.470	108	247.000
35	98.630	72	161.700	109	248.710
36	101.700	73	166.250	110	249.390
37	104.050	74	170.590	111	250.640
112	252.500	145	389.060	178	666.349

ELEMENTO	VALOR	ELEMENTO	VALOR	ELEMENTO	VALOR
113	253.240	146	398.160	179	670.729
114	253.679	147	402.140	180	674.229
115	258.200	148	414.420	181	695.960
116	262.260	149	427.200	182	704.349
117	270.709	150	431.350	183	743.599
118	277.090	151	457.620	184	744.719
119	280.790	152	460.600	185	746.500
120	281.149	153	463.030	186	749.460
121	282.030	154	472.100	187	755.130
122	289.880	155	485.420	188	763.989
123	293.750	156	495.620	189	799.000
124	294.840	157	505.500	190	806.810
125	298.359	158	506.329	191	807.500
126	308.859	159	510.230	192	840.940
127	310.000	160	510.310	193	848.479
128	313.310	161	510.500	194	936.250
129	319.980	162	510.840	195	963.799
130	320.720	163	514.690	196	1008.440
131	321.140	164	518.120	197	1015.049
132	326.540	165	521.469	198	1019.159
133	331.910	166	521.729	199	1032.000
134	333.019	167	528.130	200	1044.910
135	338.980	168	543.950	201	1045.290
136	339.060	169	570.659	202	1069.579
137	342.810	170	572.419	203	1123.219
138	345.120	171	592.820	204	1123.319
139	352.190	172	612.710	205	1133.020
140	356.390	173	631.969	206	1135.000
141	357.940	174	642.150	207	1268.319
142	358.179	175	659.169	208	1328.979
143	367.230	176	661.919	209	1410.849
144	388.420	177	664.580		

Elementos rechazados en la cola inferior  
para una confiabilidad de: 0.700 Ningún elemento rechazado  
Elementos rechazados en la cola superior  
para una confiabilidad de: 0.700



N = 209  
 X = 347.49  
 S = 297.77

$$m_1 = \frac{\sum x}{N}$$

$$m_2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}$$

$$m_3 = \frac{\sum (x - \bar{x})^3}{N}$$

$$m_4 = \frac{\sum (x - \bar{x})^4}{N}$$

$$\text{Coef. curtosis} = \frac{m_4}{S^4}$$

$$\text{Mediana} = \frac{243.2 + 243.31}{2} = 243.25$$

Media - moda = 3 (media - mediana)

moda = media - (media - mediana)

moda = 347.49 - 3 (347.49 - 243.25)

\*moda = 34.47

$$\text{* 1er Coef. de Sesgo} = \frac{\text{media - moda}}{S} = \frac{347.49 - 34.77}{297.77} = 1.05$$

$$\text{* 2do Coef. de Sesgo} = \frac{3(\text{media - mediana})}{S} = \frac{3(347.49 - 243.25)}{297.77} = 1.049$$

\* Coef. de Curtosis = 0.7536 Curva Leptocúrtica

Ahora bien, el área bajo la curva de la distribución normal obtenida que representa a la operación dentro de normas, considerando que esta situación queda ejemplificada por todas aquellas mediciones iguales o menores a 275 mgr/m<sup>3</sup> aire, se calculó como sigue:

- Considerando que hay mediciones que pueden estar entre 13.5 y 275.5 según información registrada con los programas de monitoreo ambiental, tenemos que:

$$13.5 \text{ en unidades estándar} = \frac{13.5 - 347.49}{297.77} = -1.12$$

$$275.5 \text{ en unidades estándar} = \frac{275.5 - 347.49}{297.77} = -0.241$$

El área comprendida estará entre -1.12 y -0.241

- Número de mediciones = Z = -1.12 y Z = -0.241

$\text{área}_1$  entre  $Z = -1.12$  y  $Z = 0$   
 $a_1 = 0.3686$   
 $\text{área}_2$  entre  $Z = -0.241$  y  $Z = 0$   
 $a_2 = 0.0948$   
 $a_T = 0.3686 - 0.0948 = 0.2738 = 27.38 \%$   
 para un porcentaje de mediciones del universo del 56%.

Por tanto, de lo anterior se puede concluir que las estaciones analizadas, en cuanto a partículas suspendidas totales durante las épocas de sequía, opera dentro de normas el 56% de las ocasiones, aunque las veces en que no lo hace rebasa en tal magnitud la norma, que la confiabilidad del sistema representada por el área bajo la curva de la distribución normal acumulativa, se reduce tan sólo al 27.38 %.

Ahora bien, es evidente que algunas estaciones de transferencia presentan una operación dentro de normas, mayor que otras. Para saber su aporte de operación segura, se tomarán las mediciones de partículas suspendidas totales de las estaciones de "1" y "2", como dos muestras del universo analizado; primero para saber si son representativas de dicho universo, para después determinar su porcentaje de confiabilidad y el número de veces en que operaron fuera de normas. (Tabla 8.12).

El análisis de la representatividad que dichas muestras tienen con respecto al universo, se realizó empleando un programa de computadora, estructurado en lenguaje Basic, cuyos resultados se presentan a continuación: (tabla 8.13).

**ESTACION DE TRANSFERENCIA "1"**

1.- Datos ordenados sin prueba de rechazo

**TABLA 8.12**

ELEMENT O	VALOR
1	45.600
2	93.260
3	105.260
4	108.750
5	118.410
6	136.070
7	214.000
8	220.270
9	238.030
10	246.880
11	310.000
12	472.100
13	514.690

2.- Datos ordenados con prueba de rechazo

**TABLA 8.13**

ELEMENTO	VALOR
1	45.600
2	93.260
3	105.260
4	108.750
5	118.410
6	136.070
7	214.000
8	220.270
9	238.030
10	246.880
11	310.000
12	472.100
13	514.690

Elementos rechazados en la cola inferior  
para una confiabilidad de: 0.800  
Ningún elemento rechazado

Elementos rechazados en la cola superior  
para una confiabilidad de: 0.800  
Ningún elemento rechazado

3.- Análisis estadístico

Valor promedio

$$X = 217.1784$$

Desviación estándar

$$S = 138.3590$$

El No. De elementos analizados, es:  $N_1 = 13$  elementos

4.- Comprobación del tamaño de la muestra

Se acepta el tamaño de la muestra puesto que:

$N_1$  (muestra)  $>$   $N$  (muestra)

$N_1 = 13$  elementos

$N = 2.0828$  elementos

por tanto puede aumentarse la confiabilidad del muestreo más allá de un nivel de confianza del : 90%

**ESTACION DE TRANSFERENCIA "2"**

1.- Datos ordenados sin prueba de rechazo

**TABLA 8.14**

ELEMENTO	VALOR
1	139.230
2	227.690
3	253.679
4	320.720
5	746.500
6	840.940
7	1032.000
8	1123.319
9	1045.290
10	3722.219
11	4079.679

2.- Datos ordenados con prueba de rechazo

**TABLA 8.15**

ELEMENTO	VALOR
1	139.230
2	227.690
3	253.679
4	320.720
5	746.500
6	840.940
7	1032.000
8	1123.319
9	1045.290
10	3722.219
11	4079.679

Elementos rechazados en la cola inferior  
para una confiabilidad de: 0.800  
Ningún elemento rechazado  
Elementos rechazados en la cola superior  
para una confiabilidad de: 0.800  
Ningún elemento rechazado

3.- Análisis estadístico

Valor promedio

$$X = 1230.1153$$

Desviación estándar

$$S = 1306.4898$$

El No. De elementos analizados, es: N = 11 elementos

4.- Comprobación del tamaño de la muestra

No se acepta el tamaño de la muestra puesto que:

$$N (\text{muestra}) < N (\text{muestra})$$

N = 11 elementos

N = 190.12 elementos

para un nivel de confianza del: 90 %

De los análisis anteriores se puede observar que los datos de la estación de transferencia "1", no fueron suficientes para construir una muestra representativa del universo, mientras que los correspondientes a la estación de "2" si lo fueron (tablas 8.14 y 8.15), lo anterior se debió a la gran dispersión que presentan las mediciones de P.S.T. registrados en la primera estación. No obstante lo antes mencionado, se realizó el análisis de ambas muestras para conocer su porcentaje de confiabilidad operacional y el número de ocasiones de las muestras en que operó dentro de normas.

- Muestra No. 1

$$n = 13$$

$$x = 217.17$$

$$S = 138.35$$

$$\text{Sesgo} = \frac{\text{media} - \text{moda}}{\text{Des. típica}} = \frac{x - \text{mod}}{S}$$

238.03 - 45.6 \*Rango = 514.69 - 45.6 = 469.09

105.26 - 93.26

93.26 - 105.26

220.27 - 108.75

514.69 - 118.41 \*Mediana =  $\frac{136.07 + 214}{2} = 175.03$

136.07 - 136.07



472.10 - 214.0  
 310.0 - 220.27  
 45.6 - 238.03      % de Muestras 7(100)  
 214 - 246.88      aceptables = ----- = 55.94 %  
 108.75 - 310.00      13  
 246.88 - 472.1  
 118.41 - 514.69  
 Moda = media - 3 (media - mediana)  
       = 217 - 3 (217.17 - 175.03)  
 \* Moda = 90.58

$$\begin{aligned}
 \text{media - moda} &= 217.17 - 90.58 \\
 \text{* 1er. Coef. Sesgo} &= \frac{\text{media - moda}}{S} = \frac{217.17 - 90.58}{138.39} = 0.914 \\
 &= \frac{138.39}{3(\text{media - mediana})} = \frac{138.39}{3(217.17 - 175.03)}
 \end{aligned}$$

$$\text{*2do. Coef. Sesgo} = \frac{S}{3(\text{media - mediana})} = \frac{138.35}{3(217.17 - 175.03)} = 0.913$$

- Determinando el área bajo la curva considerando los valores dentro de norma para la muestra (1) de 45.6 y 246

- Tenemos que:

$$\begin{aligned}
 &45.1 - 217.17 \\
 45.1 \text{ en unidades estándar} &= \frac{45.1 - 217.17}{138.35} = -1.24
 \end{aligned}$$

138.35

$$\begin{aligned}
 &245.5 - 217.17 \\
 245.5 \text{ en unidades estándar} &= \frac{245.5 - 217.17}{138.35} = 0.2
 \end{aligned}$$

El área comprendida está en - 1.24 y 0.2

- Área de  $Z_1 = -1.24$        $a_1 = 0.3925$
- Área de  $Z_2 = 0.2$        $a_2 = 0.0793$

$a_T = 0.3925 + 0.0793 = 0.4718 = 47.18 \%$

Que representa la confiabilidad operativa del sistema, para un porcentaje de mediciones de la premuestra dentro de normas del 72.80%.

- Muestra No. 2  
 n = 11  
 x = 1230.11  
 S = 1306.48

320.72 - 139.23      \* Rango = 4079.68 - 139.23 = 3940.45  
 227.69 - 227.69  
 253.68 - 253.68      \* Mediana = 840.94  
 139.23 - 320.72  
 840.94 - 746.50      \* Moda = media - 3(media-mediana)  
 4079.68 - 840.94      = 1230.11 - 3(1230.11-840.94)  
 3722.22 - 1032.00      = 62.6  
 1032.00 - 1045.29  
 746.50 - 1123.32      % de mediciones (3)(100)  
 1123.32 - 3722.22      aceptables: = ----- = 27.27%  
 1045.29 - 4079.68      11

$$\begin{aligned}
 \text{* 1er. Coef. Sesgo} &= \frac{\text{media - moda}}{S} = \frac{1,230.11 - 62.6}{1,306.48} = 0.893 \\
 &= \frac{1,306.48}{3(\text{media - mediana})} = \frac{1,306.48}{3(1,230.11 - 840.941)}
 \end{aligned}$$

$$\text{*2do. Coef. Sesgo} = \frac{S}{3(\text{media - mediana})} = \frac{1,306.48}{3(1,230.11 - 840.941)} = 0.893$$

\* Determinando el área bajo la curva, considerando los valores dentro de norma para la muestra (2) de 139.23 y 253.68.

Desarrollando tenemos:

$$138.7 - 1,230.11 \\ 138.73 \text{ en unidades estándar} = \frac{\text{-----}}{1,306.48} = -0.835$$

$$253.18 - 1,230.11 \\ 253.18 \text{ en unidades estándar} = \frac{\text{-----}}{1,306.48} = -0.747$$

El área comprendida está en  $Z_1 = -.835$  y  $Z_2 = -0.747$

Área de  $Z_1 = .2967$

Área de  $Z_2 = .2704$

$$A_t = 0.2967 - 0.2704 = 0.0263 = 0.63\%$$

Que representan la confiabilidad operativa del sistema, para una porcentaje de mediciones de la premuestra dentro de normas del 27.20%.

### **8.8 Comentarios finales**

Es necesario mencionar que la importancia de los programas de monitoreo ambiental, no solo radica en contar con información confiable en el momento oportuno, sino también en su gran utilidad para determinar el grado o nivel de confiabilidad operacional que presenta un determinado sistema o instalación de aseo urbano, no sólo en cuanto al número de ocasiones en que puede rebasar las normas o criterios ambientales, sino en la gravedad o nivel de importancia ambiental que puede generar cuando esto sucede, asimismo, la información obtenida con estos programas, puede servir para identificar instalaciones cuya confiabilidad operacional es reducida, para tratar de corregir irregularidades que le permitan tener un aporte confiable para con el sistema o servicio de aseo urbano del cual dependa, de tal manera que en el tiempo, el número de ocasiones en que opere fuera de normas se vaya reduciendo, y cuando así sea, que el grado de incumplimiento no resulte significativo.

Por otro lado, los programas de monitoreo ambiental son de gran utilidad para identificar en aquellas instalaciones que operen confiablemente, los elementos que en ocasiones puedan propiciar un incumplimiento de las normas o recomendaciones y las formas de solventarlo. También es posible con tales programas corroborar cómo una instalación ambientalmente compatible, presenta una confiabilidad operacional con respecto a la normatividad ambiental mucho mayor a la que ofrece una instalación que soslaya este criterio, situación que permite desarrollar criterios rectores de planeación, diseño y operación, que bien instrumentados, pueden compatibilizar ambientalmente, instalaciones y servicios de aseo urbano ecológicamente inadaptados.

## 9. ANALISIS DE COSTOS

En este capítulo se analizarán los costos que demanda la implementación del sistema de transferencia, los costos de estudios, proyectos ejecutivos, obras, equipamiento, operación y mantenimiento. Es importante mencionar que estos indicadores económicos aportarán los elementos necesarios para ser considerados en un sistema tarifario.

Los requerimientos del servicio son los que establecen el tamaño de la planta, su tipo y características de diseño, lo cual incide directamente en los costos de la instalación.

De acuerdo a la situación que atraviesa la economía de algunos países, el costo en sí no es la única base para decidir por un cierto equipo de recolección, sino que también se tienen que tomar en cuenta factores tales como:

- Evaluar la importancia de equipos, cuidando que cuenten con servicio y refacciones disponibles en el país.
- Favorecer la compra de equipo nacional o con mayor porcentaje de integración nacional con el fin de favorecer la industria local.
- Considerar facilidad en el funcionamiento, tipo de interés, aspectos sociales.

En los incisos siguientes se realizará un análisis detallado por cada una de las actividades a realizarse para el emplazamiento y operación de una estación de transferencia tipo, la cual cuenta con 3 servidores de 4 tolvas cada uno, y una superficie de 2.5 ha. En lo referente a la operación se considera que los vehículos recolectores tienen una capacidad de 4.5 toneladas, realizan 1.5 viajes cada uno, y se tienen 3 hidrolavadoras como equipo de limpieza para las instalaciones. El resumen final se presenta en dólares para su mejor comparación en otros países.

### 9.1 Estudios preliminares

#### 9.1.1 Estudio de factibilidad técnico-económica

Los estudios de factibilidad técnico-económica son el resultado de la recopilación de información de las características de la zona de estudio así como de la aplicación de metodologías bien definidas, desarrolladas para el emplazamiento y la selección del sitio propicios para la construcción de la estación. Es conveniente señalar que este documento servirá como compendio de los resultados de los estudios preliminares, con toda esta información se estará en posibilidad de realizar una evaluación de carácter técnico-económica para el emplazamiento de este tipo de instalaciones, evitando afectaciones al ambiente y con el consecuente deterioro a la calidad de vida de los habitantes.

Adicionalmente este documento servirá como instrumento de concertación con la ciudadanía, ya que en él se plasmarán todos los resultados obtenidos así como las metodologías y criterios aplicados. Es por esto que desde que se defina la autorización para llevar a cabo estas obras, es necesario contar con un grupo de asesores que realicen este trabajo y sean los coordinadores de los diversos estudios los que integran el presente documento. (Tabla 9.1).

#### Plantilla de personal para la realización de un estudio de factibilidad técnica económica

Cuadro 9.1

Categoría	Cantidad	Unidad	Tiempo	Costo unitario	Importe N\$
Gerente	1	Jornada	40	390.65	15,626.00
Subgerente	1	Jornada	75	334.85	25,113.75
Jefe de proyecto	1	Jornada	90	279.02	25,111.89
Coordinador	2	Jornada	90	256.72	46,209.60
Profesionista	4	Jornada	90	212.09	76,352.40
Ayudante de Ingeniero	2	Jornada	90	120.31	21,655.80
Dibujante	2	Jornada	60	108.42	13,010.40

especializado					
<b>TOTAL</b>					<b>223,079.70</b>

### 9.1.2 Impacto vial

Este estudio se realiza con el fin de dar atención a los aspectos de ubicación y accesos vehiculares de las estaciones de transferencia, con objeto de depurar las soluciones del problema y por ende reducir la problemática ambiental generada por el impacto que originaría la implementación de una infraestructura como esta.

En el análisis de vialidad se determinan el tipo y características de las vialidades de acceso al sitio; se observa además la carga vehicular y el tipo de transporte que circulan por estas vías, verificando si se ocasionan conflictos en la fluidez vehicular, mismos que generalmente se acentúan por la deficiencia en materia de dispositivos de control de tránsito.

Para solucionar esta problemática, es necesario realizar estudios y mediciones vehiculares, y tener un conocimiento detallado de la infraestructura existente en la zona, con el fin de formular las propuestas de solución más adecuadas.

Los estudios y mediciones a realizar se describen a continuación:

- Levantamiento topográfico del estado actual de la zona, en donde aparece la información relativa a los arroyos y banquetas; así como, accidentes topográficos y/o físicos, existentes, complementándose con la ubicación de postes, señales, árboles y retornos.

- Aforo vehicular, que nos indica la información de campo de los movimientos vehiculares y direccionales, en horas pico, en las avenidas de acceso o circundantes al predio.

- Levantamiento de la señalización y semaforización, que comprende la información, en cuanto al número, ubicación y tipo de señalamiento vertical y horizontal, así como la programación de las unidades de semáforos.

Como resultado de los estudios de referencia, se procede posteriormente a la elaboración de un proyecto de vialidad integral, cuyos pormenores se describen de acuerdo a los cruceros existentes. (Tabla 9.2).

### Plantilla de personal para la realización de un estudio de impacto vial

**Cuadro 9.2**

Categoría	Cantidad	Unidad	Tiempo	Costo unitario	Importe
Gerente	1	Jornada	11	390.65	4,297.15
Jefe de proyecto	1	Jornada	30	256.72	7,701.60
Profesionista	3	Jornada	45	212.09	28,632.15
Técnico especializado	6	Jornada	60	120.31	43,311.60
<b>Total</b>					<b>83,142.50</b>

### 9.1.3 Estudio topográfico

Se realizará una visita de reconocimiento, en donde se indiquen los límites físicos del terreno a levantar. Con objeto de referir el sitio a la vialidad más cercana, se procederá a realizar un trazo de liga, mediante una poligonal abierta, empleando el método de ángulos horizontales, midiendo de vértice a vértice angular y linealmente.

Se trazará una poligonal cerrada con la cual quedará deslindado el sitio, dicha poligonal se realizará empleando el método de ángulos horizontales, midiendo de vértice a vértice angular y linealmente.

Se orientará astronómicamente uno de los lados de las poligonales, empleando el método de distancias zenitales al sol, con objeto de referir el predio al norte astronómico.

El trazo se referirá al sistema de control horizontal que se indique; en caso de no existir alguno se empleará un sistema arbitrario.

Se nivelarán los vértices de la poligonal de deslinde mediante el método de nivel diferencial de ida y regreso para comprobación, estableciendo bancos de nivel a cada 50 m aproximadamente,

ubicándose sobre elementos fijos localizados en la zona, quedando debidamente señalados para su fácil localización.

Con objeto de obtener la configuración del predio con curvas de nivel equidistantes a cada 1.0 o 0.50 m, apoyados en el lado más conveniente de la poligonal de deslinde, se trazarán poligonales de apoyo, midiéndose angular y linealmente de vértice a vértice.

Se nivelarán las poligonales de apoyo, mediante una nivelación de perfil, así como los detalles relevantes del terreno, realizándose cierres de comprobación sobre los bancos de nivel previamente establecidos.

Se monumentarán los PI o PST de la poligonal de deslinde, mediante la colocación de mojoneras de concreto, precoladas o coladas en sitio dependiendo de la dificultad de los accesos, las cuales serán de 15 x 15 cm en la base superior 20 x 20 cm en la base inferior y 40 cm de altura con una varilla de 3/8" de diámetro al centro, misma que definirá la línea del lindero.

Una vez terminados los trabajos de campo, la información se analizará en gabinete, calculando las coordenadas, orientaciones astronómicas, perfiles y otros cálculos considerados necesarios para posteriormente dibujar a escala los planos correspondientes. (Tabla 9.3).

Una vez concluidos los trabajos topográficos, se entregará la información que a continuación se enlista:

- Libretas de campo
- Memorias descriptivas
- Planos originales.

**PLANTILLA DE PERSONAL PARA LA REALIZACION DE UN  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO**

**TABLA 9.3**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTANTE N\$
GERENTE	1	JORNADA	1	256.72	256.72
JEFE DE PROYECTO	1	JORNADA	2	212.09	424.18
TOPOGRAFO ESP.	1	JORNADA	2	129.75	259.50
AYUDANTE DE ING.	1	JORNADA	6	120.31	721.86
TOPOGRAFO	3	JORNADA	3	117.97	1,061.73
CADENERO / ESTADALERO	4	JORNADA	3	47.47	569.64
TOTAL					3,293.63

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO N\$	IMPORTE N\$
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	2.5	Ha.	3,293.63	8,234.08

**9.1.4 Mecánica de suelos**

Este estudio se realiza para contar con información acerca de las condiciones estratigráficas del terreno, condiciones de resistencia y comportamiento del suelo del sitio en donde será construida la estación de transferencia.

Para estar en posibilidades de contar con la información requerida, evaluar las condiciones actuales, así como de conocer el comportamiento del suelo bajo las nuevas acciones que se tendrán al construir una estructura de este tipo, se requerirán llevar a cabo los siguientes trabajos. (Tabla 9.4).

- Determinar la existencia de grietas o relleno en el predio y su vecindad y la forma como se han comportado las estructuras vecinas mediante un reconocimiento del área y una inspección ocular a detalle de la estructura.
- Determinar mediante la ejecución de sondeos directos, las condiciones estratigráficas del sitio. Para lo anterior se llevarán a cabo sondeos de penetración estándar.

- Extraer muestras cúbicas inalteradas de los pozos a cielo abierto y alteradas representativas de los diferentes depósitos del subsuelo, en los sondeos de penetración estándar.
- Investigar las condiciones de los pavimentos mediante calas a 0.50 m de profundidad.
- Realizar ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas y determinar sus propiedades índices y mecánicas.
- Revisar los factores de seguridad para el estado límite de falla y el comportamiento del suelo para el estado límite de servicio, de acuerdo a las nuevas acciones que se tendrán.
- Establecer las recomendaciones pertinentes para la cimentación.

**PRESUPUESTO BASE PARA LA REALIZACION DE UN ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TABLA 9.4**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTANTE
TRABAJOS DE CAMPO	METRO	12	1,645.89	19,750.64
TRABAJOS DE LABORATORIO	MUESTRA	20	242.95	4,858.95
INGENIERIA BASICA				15,452.31
SUBTOTAL				40,061.90

**9.1.5 Impacto ambiental**

El objetivo central del estudio es evaluar la factibilidad e influencia ambiental para la construcción y operación de una estación de transferencia, determinando las medidas necesarias para prevenir y/o mitigar los efectos que puedan representar algún riesgo ambiental o para la salud, en cumplimiento con la reglamentación establecida.

Se realizará la descripción técnica del proyecto con base en la información proporcionada, considerando sus objetivos, justificación, localización, obras y acciones requeridas, programa de actividades por etapas de desarrollo, servicios de apoyo, recursos y áreas que serán afectados entre otros tópicos, apoyando esta información con planos, croquis, etc.

El estudio del medio natural se llevará a cabo mediante la recopilación, análisis y manejo estadístico de la información existente para el área circundante y de influencia del proyecto, utilizando para ello sistemas de información geográfica, bibliográfica y sistemas de información ambiental, los cuales permitirán establecer de manera eficiente y expedita las condiciones físicas, químicas y biológicas dominantes en el área ambiental específica.

Asimismo se efectuarán recorridos de campo, efectuando mediciones de parámetros de control en sitios específicos, seleccionados en función de las características naturales del ambiente y técnicas del proyecto.

En cuanto al estudio del medio socioeconómico se analizará la información disponible para el área, referente a demografía, población económicamente activa, actividades productivas, servicios, educación, salud y vivienda, describiendo los posibles cambios sociales y económicos esperados por la implantación del proyecto.

Una vez descritos el proyecto y el ambiente, tanto natural como socioeconómico, se procederá al análisis de su vinculación con las normas y regulaciones, conforme a lo establecido por los planes y programas urbanos y ecológicos relativos al área de interés.

Posteriormente se identificarán, describirán y evaluarán los impactos ambientales generados por el proyecto, mediante la aplicación de diversas técnicas de impacto ambiental (redes de interacción, sobreposición de mapas y matrices) adecuándolas a las condiciones particulares del proyecto y tomando en cuenta su interacción con los factores abióticos, bióticos y socioeconómicos del área ambiental de estudio.

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales reales y/o potenciales de las obras, se procederán a diseñar las medidas de mitigación correspondientes, a fin de que el proyecto pueda implantarse al menor costo ambiental posible.

El alcance de los estudios considera la elaboración de un documento final que describa los aspectos relevantes del proyecto y sus interacciones con el medio ambiente, así como las conclusiones y recomendaciones resultantes a partir del análisis de la información existente y de la

que se recabe por los especialistas en visitas técnicas de campo; conteniendo la memoria técnica y gráfica de los trabajos realizados, así como las conclusiones y recomendaciones correspondientes. (Tabla 9.5).

**PLANTILLA DE PERSONAL PARA LA REALIZACION DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**TABLA 9.5**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
GERENTE	1	JORNADA	25	390.65	9,766.25
SUBGERENTE	1	JORNADA	50	334.85	16,742.50
JEFE DE PROYECTO	1	JORNADA	60	279.02	16,741.20
COORDINADOR	1	JORNADA	60	256.72	15,403.20
PROFESIONISTA	4	JORNADA	60	212.09	50,901.60
AYUDANTE DE ING.	2	JORNADA	56	120.31	13,474.72
DIBUJANTE ESP.	1	JORNADA	30	108.42	3,252.60
LABORATORISTA	3	JORNADA	10	66.07	1,982.10
AUX. DE LAB.	1	JORNADA	10	47.47	474.70
TOTAL					132,738.77

**9.2 Proyecto ejecutivo**

Una vez concluidos los estudios preliminares, se realizará el anteproyecto, el cual deberá considerar las bases de diseño contenidas en el capítulo 5. Con fundamento en el anteproyecto aprobado previamente, se dará inicio al proyecto ejecutivo, el cual considerará los alcances que se presentan en la tabla 9.6.

**TABLA 9.6**

TIPO DE PROYECTO	ALCANCES
PROYECTO ARQUITECTONICO	PLANTA DE LOCALIZACION PLANTA DE CONJUNTO PLANO DE TRAZO PLANTAS DE AZOTEAS FACHADAS GENERALES FACHADAS INTERIORES CORTES GENERALES CORTES DE DETALLE CORTES DE FACHADAS PLANOS DE DETALLE PLANO DE SALIDAS ELECTRICAS PLANOS DE ACABADOS PLANOS DE HERRERIA PLANOS DE SALIDAS ESPECIALES PLANOS DE CARPINTERIA PLANOS DE BARDAS PERIMETRALES PLANTAS ARQUITECTONICAS GENERALES PLANTAS ARQUITECTONICAS AMUEBLADAS PLANOS DE JARDINERIA MEMORIA DESCRIPTIVA
PROYECTO ESTRUCTURAL	ESPECIFICACIONES GENERALES MEMORIAS DE CALCULO PLANOS ESTRUCTURALES
PROYECTO ELECTRICO	ESPECIFICACIONES GENERALES MEMORIAS DE CALCULO PLANOS DE FUERZA

	PLANOS DE ALUMBRADO
PROYECTO HIDRAULICO	MEMORIAS DE CALCULO PLANOS DE DISTRIBUCION HIDRAULICA PLANOS DE SISTEMAS DE ASPERSION
PROYECTO SANITARIO Y PLUVIAL	PLANOS DE DISTRIBUCION SANITARIA Y PLUVIAL
DISEÑO DE CONTROLES AMBIENTALES	PLANOS DE SISTEMA DE EXTRACCION DE AIRE
ELABORACION DE CATALOGO DE CONCEPTOS	NUMEROS GENERADORES CUANTIFICACION DE OBRAS ANTEPRESUPUESTO

Los planos y documentos que integran el proyecto ejecutivo, deberán considerar los siguientes criterios:

### 9.2.1 Proyecto arquitectónico

9.2.1.1 *Planta de localización.* Deberá indicarse la ubicación del predio dentro de la manzana en que se encuentra, marcando las vialidades principales con sus nombres, sus colindancias y su orientación. Se acotarán fuera del dibujo, las dimensiones generales del predio, la distancia a las esquinas más próximas, y en la calle o calles perimetrales se indicará la posición de los servicios municipales existentes tales como postes de alumbrado, postes de teléfono, coladeras pluviales, etc.; de igual forma se indicarán las posiciones previstas para la instalación de la toma de agua municipal y la conexión del albañal, debidamente acotados referidos a la esquina más próxima al predio y las colindancias del mismo.

9.2.1.2 *Planta de conjunto.* En este plano deberán dibujarse los diferentes volúmenes de que consta el proyecto, marcando los ejes estructurales principales, acotados entre sí y referidos a los límites del terreno.

9.2.1.3 *Plano de trazo.* En este plano se indicarán únicamente los ejes estructurales acotados con toda claridad y referidos a cuando menos dos puntos de origen de trazo fijo en el terreno, que también estarán claramente acotados, si los ejes acotados no son ortogonales respecto a las colindancias del terreno, deberán marcarse los ángulos a los que obedecen.

9.2.1.4 *Planta de azotea.* En estos planos se indican todos los elementos arquitectónicos y de equipamiento que contienen los techos de los edificios proyectados, se dibujarán a la escala adecuada para que las plantas se presenten completas en el plano, indicando las pendientes hacia las bajadas pluviales.

9.2.1.5 *Fachadas generales.* En estos planos se dibujarán todas las fachadas exteriores del edificio incluyendo las de patios interiores. La nomenclatura de las fachadas obedecerá a su orientación y a un número progresivo referidos a un croquis de la planta de conjunto dibujadas en el mismo plano.

9.2.1.6 *Fachadas interiores.* En estos planos se representarán en dos dimensiones los aspectos de parámetros interiores de determinados espacios relevantes del proyecto arquitectónico, como pueden ser vestíbulos de acceso, salas de espera, circulaciones, etc.

9.2.1.7 *Cortes generales.* En estos planos se representará en dos dimensiones una sección de la estación de transferencia.



9.2.1.8 *Cortes de detalle*. En casos especiales y de acuerdo con el proyecto, se dibujarán a escala mayor, cortes en los que se puedan precisar con detalle los elementos que aparecen en el plano y que son indispensables para la comprensión del proyecto.

9.2.1.9 *Cortes por fachadas*. En estos planos se representarán en dos dimensiones las secciones del edificio en toda su altura, realizada en cada una de las diferentes fachadas del edificio.

9.2.1.10 *Planos de detalle*. En estos planos se dibujarán todos los elementos que se han anotado en los subincisos precedentes como detalles a desarrollar a mayor escala, conteniendo las acotaciones y especificaciones correspondientes.

9.2.1.11 *Plano de salidas eléctricas*. En estos planos que se dibujarán sobre copias maduras de las plantas arquitectónicas, todas las salidas que el proyectista haya considerado para la iluminación y fuerza de la edificación.

9.2.1.12 *Planos de acabados*. Serán planos en los que se indiquen los acabados finales de muros, pisos y plafones de la edificación proyectada, utilizándose preferentemente materiales propios de la región.

9.2.1.13 *Planos de herrería*. En este subinciso se engloban todos los elementos arquitectónicos construidos con materiales metálicos empleados generalmente en las edificaciones: como son puertas, ventanas, tolvas, etc.

9.2.1.14 *Planos salidas especiales*. En estos planos que se dibujarán sobre copias maduras de las plantas arquitectónicas generales, se dibujarán todas las salidas especiales consideradas en el proyecto como teléfonos, intercomunicación y sonido, extracción, etc.

9.2.1.15 *Planos de carpintería*. Este subinciso engloba todos los elementos arquitectónicos realizados en madera empleados en las edificaciones. Es importante indicar el tipo de madera a utilizarse, así como los herrajes y acabados finales.

9.2.1.16 *Plano de barda perimetral*. En este plano se detallarán los materiales aislantes utilizados, realizándose una revisión minuciosa sobre los ángulos visuales del exterior hacia la instalación, proponiendo una mayor altura, en caso de encontrar algún lugar que permita la visibilidad al interior de la instalación.

9.2.1.17 *Plantas arquitectónicas generales*. En estos planos se dibujará la distribución interior de cada uno de los niveles de que consta el proyecto arquitectónico.

9.2.1.18 *Planos de jardinería*. Serán planos en los que se indicarán las zonas dedicadas a pastos, arbustos y árboles. Formando parte las áreas exteriores de la estación de transferencia.

9.2.1.19 *Memoria descriptiva*. En esta memoria se incluirán los datos generales de la obra proyectada como son: tipos de obra, ubicación, zona a la que pertenece el predio de acuerdo al programa parcial de desarrollo correspondiente; uso del suelo con sus tipos de intensidad y densidad correspondientes, señalando la zona a la que pertenece la obra; describiendo las características generales de la edificación proyectada, así como el sistema constructivo propuesto, adicionalmente se mencionarán los criterios empleados para la distribución de espacios de cada uno de los elementos que conforman la estación de transferencia.

## 9.2.2 Proyecto estructural

9.2.2.1 Especificaciones generales. *El proyecto estructural se refiere al diseño de las siguientes estructuras:*

- a) Edificio de oficinas. Esta estructura se diseñará de acuerdo a las necesidades identificadas.
- b) Patio de maniobras y áreas de tolvas. Esta estructura incluye cimentación y super-estructura metálica en la cual se consideran armaduras para soporte de la techumbre.
- c) Zona de carga. Esta estructura incluye cimentación y superestructura metálica en la cual se consideran armaduras para soporte de techumbre.
- d) Zona de Talleres. Esta estructura incluye cimentación y superestructura metálica en la cual se consideran armaduras para soporte de la techumbre.
- e) Cimentación. A partir de la información proporcionada (dimensiones y cargas) se diseñará la cimentación.

9.2.2.2 Memoria de cálculo. *Se deberá contar con la memoria de cálculo que incluya los criterios y cálculos de las estructuras y la cimentación. Esto deberá estar firmado por el perito que avale dichos cálculos*

9.2.2.3 Diseño estructural de tolvas. Incluye la elaboración del plano de taller para la construcción de dichas tolvas. Para cada uno de los cuerpos se elaborará su análisis y diseño estructural, considerando las cargas muertas, cargas de operación y accidentales que puedan presentarse durante su vida útil, se considerarán y construirán como estructuras independientes al resto de estructuras del conjunto por así convenir a su comportamiento estructural. Se tomarán en cuenta las solicitudes establecidas en el reglamento de construcción correspondiente. Para el diseño de la cimentación se aplicarán las recomendaciones establecidas en el estudio de mecánica de suelos realizado con anterioridad. Para el sitio de interés de cada uno de los cuerpos se entregará la memoria de cálculo y los planos estructurales para su fabricación, especificando las cantidades de los materiales y los procedimientos constructivos cuando esto sea necesario.

### **9.2.3 Proyecto eléctrico**

9.2.3.1 Especificaciones generales. *Se elaborará el proyecto de la instalación eléctrica del edificio de oficinas, dibujándose para tal efecto un plano en donde además de representar en planta el cableado y accesorios necesarios, se indicarán el cuadro de cargas, diagrama unifilar, cantidades de obra y notas.*

9.2.3.2 Memorias de cálculo. *Se elaborará la memoria descriptiva y cálculo de proyecto eléctrico, donde se incluyan los datos de diseño así como las especificaciones de los elementos que conforman la instalación.*

9.2.3.3 Planos de fuerza. *Muestra el conjunto de instalaciones y equipos de control representados de manera integral en diagramas, las cuales indican capacidades de suministros, subestaciones así como equipos y dispositivos de control, que permitan una mejor operación y control del suministro a los equipos que lo requieran.*

9.2.3.4 Planos de alumbrado. *Señala la ubicación específica de las luminarias, tanto en el interior como en el exterior, detallando el tipo de luminaria a utilizar, la que se selecciona de acuerdo a las necesidades.*

### **9.2.4 Proyecto hidráulico**

9.2.4.1 Memorias de cálculo. *Se deberá incluir la memoria de cálculo que contenga los datos de diseño, criterios y especificaciones requeridos para el sistema hidráulico.*

9.2.4.2 Planos de distribución hidráulica. *Se elabora un plano en donde aparezcan en planta e isométrico las tuberías requeridas. Para el proyecto de la instalación hidráulica del conjunto, incluyendo áreas exteriores, se elaborará un plano en donde se indiquen en planta las tuberías y accesorios necesarios, incluyendo además en los planos, cantidades de obra, simbología y notas.*

9.2.4.3 Planos de sistemas de aspersión. *Se elaborará un plano en donde aparezcan la instalación de los aspersores, las áreas de atención, el sistema de tuberías y accesorios que sean necesarios; incluye cantidades de obra, simbología y notas.*

### **9.2.5 Proyecto sanitario y pluvial**

9.2.5.1 Planos de distribución sanitaria y pluvial. *Se elaborarán los proyectos respectivos uno al edificio de oficinas y otro al resto de las instalaciones en donde se incluyen exteriores. El diseño de esta instalación sanitaria y pluvial será combinado, planos donde se presentan en planta las*

tuberías y accesorios requeridos, así como los datos del proyecto, cantidades de obra, simbología y notas.

## 9.2.6 Diseño de controles ambientales

9.2.6.1 Planos del sistema de extracción de aire. Señala la ubicación específica de los equipos de extracción de aire, las capacidades de cada equipo determinada en volúmenes, incluyendo los sistemas de control y los accesorios, así como la cantidad de obra y simbología.

## 9.2.7 Elaboración de catálogo de conceptos

9.2.7.1 Números generadores. Es la cantidad de material y equipo requerido, para la construcción de la obra, la cual variará dependiendo del tamaño o necesidades a cubrir.

9.2.7.2 Cuantificación de obra. Se refiere al cálculo o análisis detallado de la cantidad de material requerido para la construcción de la obra, calculado a través de los planos generales.

9.2.7.3 Antepresupuesto. A partir de los proyectos anteriores y siguiendo el orden del catálogo de conceptos se hará el cálculo de volúmenes determinando cantidades de obra o materiales requeridos, aplicándoles costos unitarios obtenidos del catálogo de precios para conseguir un presupuesto base. Los conceptos que no aparezcan en el catálogo de precios unitarios se cotizarán en base a un estudio de mercado.

## 9.2.8 Estimación de costos para la elaboración del proyecto ejecutivo

### Costo del proyecto arquitectónico

$$C.P.A. = 0.80 (F_o \times A_c \times S_m)$$

C.P.A. = Costo del proyecto arquitectónico

F<sub>o</sub> = Factor de obra

A<sub>c</sub> = Área de obra

S<sub>m</sub> = Salario mínimo diario

0.80 = Coeficiente del proyecto ejecutivo (tabla 9.7).

### COEFICIENTE DEL PROYECTO EJECUTIVO

**TABLA 9.7**

ÁREA TOTAL (M <sup>2</sup> )	5,000	10,000	15,000	20,000	25,000
F <sub>o</sub>	9	8	7	6	5

$$C.A.P. = 0.85 (5 \times 4,000 \times 18.30)$$

$$C.P.A. = N\$ 292,800.00$$

Los presupuestos base estimados para la realización de los proyectos se presentan en las tablas 9.8 a 9.14.

## PLANTILLA DE PERSONAL PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO ESTRUCTURAL

**TABLA 9.8**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
GERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	1.5	390.65	585.98
SUBGERENTE DE	1	JORNADA	3.0	334.85	1,004.55

PROYECTO					
JEFE DE PROYECTO	1	JORNADA	19.0	279.02	5,301.38
PROFESIONISTA	1	JORNADA	21.5	212.09	4,559.94
DIBUJANTE ESPECIALIZADO	1	JORNADA	10.0	108.42	1,084.20
TOTAL					12,536.05

**PLANTILLA DE PERSONAL PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO ELECTRICO**

**TABLA 9.9**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
GERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	0.50	390.65	195.33
SUBGERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	1.50	334.85	502.28
JEFE DE PROYECTO	1	JORNADA	7.50	379.02	2,842.65
PROFESIONISTA	1	JORNADA	8.50	212.09	1,802.77
DIBUJANTE ESPECIALIZADO	1	JORNADA	5.50	108.42	596.31
TOTAL					5,939.34

**PLANTILLA DE PERSONAL PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO HIDRAULICO**

**TABLA 9.10**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
GERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	0.90	390.65	351.59
SUBGERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	3.00	334.85	1,004.55
JEFE DEPARTAMENTO	1	JORNADA	8.50	279.02	2,371.67
PROFESIONISTA	1	JORNADA	8.00	212.09	1,696.72
DIBUJANTE ESPECIALIZADO	1	JORNADA	7.00	108.42	758.94
TOTAL					6,183.47

**PLANTILLA DE PERSONAL PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO SANITARIO Y PLUVIAL**

**TABLA 9.11**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
GERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	0.85	390.65	332.05
SUBGERENTE DE PROYECTO	1	JORNADA	2.50	334.85	837.13
JEFE DEPARTAMENTO	1	JORNADA	8.00	279.02	2,232.16
PROFESIONISTA	1	JORNADA	9.50	212.09	2,014.86
DIBUJANTE ESPECIALIZADO	1	JORNADA	6.00	108.42	650.52
TOTAL					6,066.72

**PLANTILLA PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO DE CONTROLES AMBIENTALES**

**TABLA 9.12**

CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO	IMPORTE
-----------	----------	--------	--------	-------	---------

					UNITARIO	N\$
GERENTE DE PROYECTO	DE	1	JORNADA	1.5	390.65	585.98
SUBGERENTE DE PROYECTO	DE	1	JORNADA	4.0	334.85	1,339.40
JEFE DEPARTAMENTO	DE	1	JORNADA	8.0	279.02	2,232.16
PROFESIONISTA		1	JORNADA	9.0	212.09	1,908.81
TOTAL						6,066.35

**PLANTILLA PARA LA ELABORACION DEL CATALOGO DE CONCEPTOS**

**TABLA 9.13**

CATEGORIA		CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
GERENTE DE PROYECTO	DE	1	JORNADA	1.5	390.65	585.98
SUBGERENTE DE PROYECTO	DE	1	JORNADA	4.5	334.85	1,506.83
JEFE DEPARTAMENTO	DE	1	JORNADA	12.0	279.02	3,348.24
PROFESIONISTA		1	JORNADA	8.0	212.09	1,696.72
TOTAL						7,137.77

**PLANTILLA PARA LA ELABORACION DEL ANTEPRESUPUESTO**

**TABLA 9.14**

CATEGORIA		CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO	COSTO UNITARIO	IMPORTE
GERENTE DE PROYECTO	DE	1	JORNADA	0.20	390.65	78.13
SUBGERENTE DE PROYECTO	DE	1	JORNADA	2.00	334.85	669.70
JEFE DEPARTAMENTO	DE	1	JORNADA	8.50	279.02	2,371.67
PROFESIONISTA		1	JORNADA	9.50	212.09	2,014.86
TOTAL						5,134.36

**9.3 Costos de construcción**

La estación de transferencia se dividió en 6 grandes áreas, de acuerdo a las características constructivas de cada una de ellas. A partir de este criterio, se realizó un análisis de costos considerando la cimentación, estructura, instalaciones, acabados, carpintería, herrería y limpieza que involucraría la construcción de 1 m<sup>2</sup>. Los costos unitarios obtenidos por tipo de obra se presentan en la tabla 9.15. Asimismo, se realizó un estimado de la superficie por tipo de obra para una estación con 3 servidores, con la finalidad de establecer el costo directo total de la construcción. La superficie del predio se estimó en 2.5 Has.

**COSTOS ESTIMADOS POR METRO CUADRADO DE CONSTRUCCION**

**TABLA 9.15**

TIPO DE OBRA	COSTO UNITARIO N\$/m <sup>2</sup>	SUPERFICIE	TOTAL
VIALIDADES	2,436	900	2,192,400.00
NAVE DE TRANSFERENCIA	2,010	1,500	3,015,000.00
OFICINAS	2,784	150	417,600.00
SERVICIOS GENERALES	2,508	300	752,400.00
OBRAS COMPLEMENTARIAS	3,336	400	1,334,400.00
JARDINERIA Y ESTACIONAMIENTO	60	21,750	1,305,000.00
TOTAL		25,000	9,016,800.00

## 9.4 Equipamiento

El equipo que requiere la estación de transferencia para que opere es mínimo, se debe de contar con vehículos de transferencia el cual se compone de tractocamión y caja, éste es el principal equipo para trasladar los residuos sólidos al sitio de disposición final. Por otro lado se encuentran los vehículos recolectores, los cuales presentan diferentes tipos como son: volteos, recolectores de carga lateral rectangulares o tubulares, recolectores de carga trasera y contenedores roll on-off.

Existe otro tipo de equipamiento de uso interno en la estación como son las hidrolavadoras, las cuales son empleadas para mantener limpias las instalaciones.

Para efecto de costos en todo el equipamiento, la unidad de medición será la hora, por lo tanto es necesario desarrollar los costos horarios de cada uno de ellos.

### 9.4.1 Conceptos básicos

Existen varios criterios para evaluar los costos, entre ellos podemos mencionar el criterio contable, el financiero, el fiscal y el ingenieril. En este trabajo se considerará, sólo el último de los criterios mencionados.

Si averiguamos con cierto cuidado, encontraremos que las municipalidades tienen un conocimiento muy limitado de los costos del servicio de aseo. Las más de las veces solamente pueden proporcionar las nóminas del personal y si acaso los gastos de gasolina, o sea que si cobran una tarifa, esta generalmente no tiene ninguna relación con los costos del servicio. Un control efectivo de costos, tanto totales del servicio como unitarios por componente, es la única base sólida y objetiva que se tiene en la toma de decisiones y en la formulación de planes y programas para el control de los residuos sólidos.

### 9.4.2 Metodología del cálculo

El análisis de costos que se presenta en este capítulo, se desarrollará a partir del cálculo de los costos horarios, los cuales se obtuvieron determinando los siguientes cargos:

- Cargos fijos por concepto de depreciación, intereses y seguros de los bienes de la instalación.
- Cargos fijos por concepto de adquisición, seguro y mantenimiento de los equipos.
- Cargos variables por concepto del consumo de lubricantes, combustibles y refacciones de los equipos.
- Cargos variables por concepto de salarios para el personal que operará los equipos.

La afectación del día no trabajable por la disposición del "hoy no circula", en los vehículos que tengan que transitar en la ciudad, fuera de la obra debe considerarse "cero" para efectos de la depreciación y consecuentemente del mantenimiento, así como consumos y operación; la afectación en inversión y seguros será de acuerdo a una variación que se calculará de acuerdo a un factor proporcional al tiempo no trabajado al año por el "hoy no circula", considerando días con turno de 8 horas y el que se trabajaría normal en el año. Se calcularán por separado los costos horarios para el caso de estos vehículos.

La depreciación (D) se dará en nuevos pesos por hora y deberá calcularse con la expresión  $D = (Va - Vr) / Ve$ , en la que "Va" (valor de adquisición) se dará en nuevos pesos y deberá estimarse

de acuerdo con la metodología que establece, para efecto de investigación de mercado, el "Vr" (valor de rescate), se dará en nuevos pesos en función a un porcentaje estimado de recuperación con respecto a "Va" y calculado para un punto en la vida de la máquina o equipo en el que corresponda a su vida económica y la "Ve" (vida económica), se dará en horas y corresponderá al tiempo en que según una gráfica DP e IR contra vida del equipo se intercepten.

A falta de la gráfica en cuestión se tomará en consideración la "Ve" propuesta por el fabricante. Este criterio es aplicable tanto al primero como al segundo caso y de ninguna manera podrá variarse cualquiera de las tres cantidades por tratarse de caso diferente.

La inversión (I) deberá calcularse con la expresión  $I = ((Va + Vr) / 2Ha) r$ , en la que r es la tasa de interés anual que se paga por concepto de crédito y que para el efecto se considera igual al 12%. Ha es el número de horas trabajadas por el mueble en condiciones normales. De ninguna manera podrá variarse cualquiera de las cuatro cantidades por tratarse de caso diferente.

El seguro (S) deberá calcularse con la expresión  $S = ((Va + Vr) / 2Ha) s$ , en la que s es la prima porcentual anual cubierta por el contratista del seguro y que para el efecto se tomará igual al 2%, de manera que no podrá variarse cualquiera de las cuatro cantidades sólo por tratarse de un caso diferente.

El mantenimiento (M) deberá considerarse para efecto de cuantificación con la expresión  $M = FM * D$ , en el que "FM" será un factor de mantenimiento que dependerá del tipo de máquina, equipo o vehículo y la D será la depreciación calculada.

Con respecto a los costos por operación y consumo, se tendrán los siguientes conceptos:

Reparaciones. Se dividen estas en correctivas o preventivas. Mientras más cuidado se ponga en estas últimas, menor mantenimiento correctivo se necesitará. Este rubro es muy variable, se toma generalmente como una función de la depreciación.

$$C_m = K \times D$$

en donde:

Cm: Costo de mantenimiento, expresado normalmente en \$/año.

D: Depreciación, expresada generalmente en forma anual.

K: Porcentaje, que depende de la máquina fundamentalmente. Existen aquí también diferentes recomendaciones. Algunos técnicos proponen el uso de los porcentajes propuestos por los fabricantes, que van desde un 20% para equipo sencillo, hasta un 100% o más, para equipo sofisticado.

Los consumos (E, AL, N) deberán calcularse por efecto de cuantificación con las expresiones siguientes:

$$E = c * P_c * H_p$$

$$AL = (c/al) PL$$

$$N = V_n / H_v$$

en donde:

$$E = \text{Cargos por combustibles}$$

$$c = \text{Cantidad de combustible necesario por hora efectiva de trabajo}$$

$$P_c = \text{Precio sin IVA de combustible puesto en la máquina}$$

$$H_p = \text{Potencia nominal del motor del equipo}$$

Lubricantes y filtros. Se deben calcular con detalle, según las especificaciones del fabricante, cada cuántas horas le deben cambiar los diferentes tipos de aceites y sus filtros respectivos, el filtro de aire, el de diesel y otros. De este modo, se puede calcular el costo con precisión. Cuando ya se tiene experiencia en casos particulares, se acostumbra ponerlo como un porcentaje del costo del combustible, el cual puede ser de un 10 a un 40%, según los costos locales y el tipo de máquina. Los camiones recolectores se acercan al límite inferior, mientras que los tractores casi siempre tienen gastos mayores.

$$AL = \text{Cargos por lubricantes}$$

$$c = \text{Consumo entre el cambio sucesivo de lubricante (capacidad de cárter)}$$

$$al = \text{Consumo de lubricante por hora efectiva de trabajo}$$

$$PL = \text{Precio sin I.V.A. de lubricante.}$$



Llantas. En los camiones recolectores, la vida de las llantas varía de 1,500 a 2,500 horas, según el pavimento de la ciudad y las condiciones de acceso al relleno. Para tractores, los fabricantes estiman en 4,000 horas la vida de las llantas y en 10,000 horas la de las orugas.

En cuanto a los costos de instalación del equipo estacionario como básculas, etc., estos normalmente se cargan generalmente al costo directo, dividiendo el costo de instalación entre la vida útil de la máquina de que se trate.

N = Cargo por llantas (neumáticas)  
Vn = Precios sin I.V.A. del juego de llantas (nuevas)  
Hv = Horas de vida económica de las llantas

El cálculo de costos horarios de los vehículos de recolección y transferencia y de la hidrolavadora se presenta en las tablas 9.16, 9.17 y 9.18.

## Tabla 9.16 Análisis de costo-horario

CLAVE _____	
CONTRATISTA: _____	HOIA No. _____ DE _____
OBRA: _____	FORMULO: _____
MAQUINA: <u>CARGA TRASERA</u>	MODELO: _____

DATOS GENERALES			
VALOR DE ADQUISICION:	N\$ 351.000	FECHA DE ADQUISICION:	1 NOVIEMBRE 1995
VALOR A CONSIDERAR:	N\$ 345.692	VIDA ECONOMICA (VE)	2.496 HRS 5 AÑOS
VALOR DE LLANTAS:	N\$ 885	HRS. POR AÑO(HA)	12.480 HRS/AÑO
VALOR NETO (VN):	N\$ _____	MOTOR	DE _____ HR
VALOR DE RESCATE (VR) 10 % (Vi)	N\$ _____	FACTOR MANTENIMIENTO (Q)	80
TASA DE INTERES (TI) 12 %	% _____		
PRIMA SEGURO (PS) 2 %	% _____		

CARGOS FIJOS			
		ACTIVO	ESPERA
(a) DEPRECIACION	$D = \frac{VA - VR}{VE}$	N\$ 24.93	X 0.15 = N\$ 3.74
(b) INVERSION	$I = (VA + VR) 1/2 HA X TI$	N\$ 9.14	X 1 = N\$ 9.14
(c) SEGUROS S	$S = (VA + VR) 1/2 HA X PS$	N\$ 1.52	X 1 = N\$ 1.52
(d) MANTENIMIENTO	$T = Q D$	N\$ 19.94	X 0.15 = N\$ 2.99
SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA:		N\$ 55.54	N\$ 17.39

CONSUMOS			
		ACTIVO	
(a) COMBUSTIBLE	$E = cPc$		
DIESEL	$Eg = 0.10$	X 170 H.P. X N\$ 1.58	/ lto = N\$ 26.86
GASOLINA (arranque)	$Eg = 0.10$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
GASOLINA	$Eg = 0.10$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
(b) ELECTRICIDAD	$Ec = 0.025$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
(c) LUBRICANTES	$L = cPI$		
ACEITE MOTOR DIESEL	$Ld = 0.0034$	X 170 H.P. X N\$ 8.0	/ lto = N\$ 4.62
ACEITE MOTOR GASOLINA	$Lg = 0.0023$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
ACEITE HIDRAULICO	$Lh = 0.0009$	X 50 H.P. X N\$ 10.0	/ lto = N\$ 0.45
(d) LLANTAS	$LL = \frac{VN}{HV}$	= N\$ (885x6) / 2496	N\$ 34.06
(e) OTROS		N\$ _____ / _____	HRS = N\$ _____
SUMA DE CONSUMO POR HORA N\$ _____			

OPERACION		ACTIVO	ESPERA
SALARIOS			
OPERADOR	N\$ 660		
1 CHOFER	_____		
2 AYUDANTES	N\$ 8.19		
SUMA DE CONSUMO POR HORA N\$ _____		x 1 = N\$ _____	

FECHA: _____	COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (ACTIVO) N\$ 104.39	
	COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (ESPERA)	N\$ 32.18

### Tabla 9.17 Análisis de costo-horario

CONTRATISTA: _____		CLAVE _____	
OBRA: _____	HOJA No. _____	DE _____	
MAQUINA: <u>TRACTOCAMION CAJA ABIERTA</u>	FORMULO: _____	MODELO: _____	

DATOS GENERALES			
VALOR DE ADQUISICION:	N\$ 650.000	FECHA DE ADQUISICION:	<u>1 NOVIEMBRE 1995</u>
VALOR A CONSIDERAR:	N\$ 634.070	VIDA ECONOMICA (VE)	<u>3.744</u> HRS <u>5</u> AÑOS
VALOR DE LLANTAS:	N\$ 885	HRS. POR AÑO(HA)	<u>18.720</u> HRS/AÑO
VALOR NETO (VN):	N\$ 650.000	MOTOR	DE _____ HR
VALOR DE RESCATE (VR) <u>10</u> % (Vi)	N\$ 63.407	FACTOR MANTENIMIENTO (Q)	<u>60</u>
TASA DE INTERES (TI) <u>12</u> %			
PRIMA SEGURO (PS) <u>2</u> %			

CARGOS FIJOS			
		ACTIVO	ESPERA
(a) DEPRECIACION	$D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{30.48}{3.744}$	N\$ 30.48	X 0.15 = N\$ 4.57
(b) INVERSION	$I = (VA + VR) \frac{1}{2} HA \times TI = \frac{11.18}{3.744}$	N\$ 11.18	X 1 = N\$ 11.18
(c) SEGUROS	$S = (VA + VR) \frac{1}{2} HA \times PS = \frac{1.86}{3.744}$	N\$ 1.86	X 1 = N\$ 1.86
(d) MANTENIMIENTO	$T = Q \times D = \frac{18.29}{3.744}$	N\$ 18.29	X 0.15 = N\$ 2.74
SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA:		N\$ 61.82	N\$ 20.35

CONSUMOS			
		ACTIVO	
(a) COMBUSTIBLE	$E = cPc$		
DIESEL	$Eg = 0.10$	X <u>210</u> H.P. X N\$ <u>1.58</u>	/ lto = N\$ <u>33.18</u>
GASOLINA (amanque)	$Eg = 0.10$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
GASOLINA	$Eg = 0.10$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
(b) ELECTRICIDAD	$Ec = 0.025$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
(c) LUBRICANTES	$L = cPI$		
ACEITE MOTOR DIESEL	$Ld = 0.0034$	X <u>210</u> H.P. X N\$ <u>1.58</u>	/ lto = N\$ <u>5.71</u>
ACEITE MOTOR GASOLINA	$Lg = 0.0023$	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
ACEITE HIDRAULICO	$Lh = 0.0009$	X <u>50</u> H.P. X N\$ <u>1.58</u>	/ lto = N\$ <u>0.45</u>
(d) LLANTAS	$LL = \frac{VN}{HV} = \frac{885 \times 18}{3.744}$		N\$ <u>4.25</u>
(e) OTROS	N\$ _____		HRS = N\$ _____
SUMA DE CONSUMO POR HORA N\$ _____			

OPERACION			
		ACTIVO	ESPERA
SALARIOS			
OPERADOR	N\$ _____		
<u>1</u> CHOFER	N\$ <u>6.60</u>		
<u>2</u> AYUDANTES	N\$ _____		
	N\$ <u>4.10</u>		
SUMA DE CONSUMO POR HORA N\$ _____		N\$ <u>10.70</u>	x 1 = N\$ <u>10.70</u>

FECHA: _____	COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (ACTIVO) N\$ <u>116.11</u>	
	COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (ESPERA) N\$ <u>31.05</u>	

## Tabla 9.18 Análisis de costo-horario

		CLAVE	
CONTRATISTA: _____	HOJA No. _____	DE _____	
OBRA: _____	FORMULO: _____		
MAQUINA: <u>HIDROLAVADORA</u>	MODELO: _____		
<b>DATOS GENERALES</b>			
VALOR DE ADQUISICION: _____	N\$ <u>16.686</u>	FECHA DE ADQUISICION: <u>7 NOVIEMBRE 1995</u>	
VALOR A CONSIDERAR: _____	N\$ _____	VIDA ECONOMICA (VE) <u>2.496</u> HRS. <u>3</u> AÑOS	
VALOR DE LLANTAS: _____	N\$ <u>600</u>	HRS POR AÑO(HA) <u>7.488</u> HRS/AÑO	
VALOR NETO (VN): _____	N\$ <u>16.686</u>	MOTOR _____ DE _____ HR	
VALOR DE RESCATE (VR) <u>20</u> % (Vi)	N\$ _____	FACTOR MANTENIMIENTO (Q) <u>25</u>	
TASA DE INTERES (TI) <u>12</u> %	N\$ _____		
PRIMA SEGURO (PS) <u>2</u> %	N\$ _____		
<b>CARGOS FIJOS</b>			
		ACTIVO	ESPERA
(a) DEPRECIACION $D = \frac{VA - VR}{VE}$	= <u>1.93</u>	N\$ <u>1.93</u>	X 0.15 = N\$ <u>0.29</u>
(b) INVERSION $I = (VA + VR) 1/2 HA X TI$	= <u>0.43</u>	N\$ <u>0.43</u>	X 1 = N\$ <u>0.43</u>
(c) SEGUROS $S = (VA + VR) 1/2 HA X PS$	= <u>0.07</u>	N\$ <u>0.07</u>	X 1 = N\$ <u>0.07</u>
(d) MANTENIMIENTO $T = Q D$	= <u>0.48</u>	N\$ <u>0.48</u>	X 0.15 = N\$ <u>0.07</u>
	<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA:</b>	N\$ <u>2.91</u>	N\$ <u>0.86</u>
<b>CONSUMOS</b>			
		ACTIVO	
(a) COMBUSTIBLE	E = cPc		
DIESEL	Eg = 0.10	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
GASOLINA (arranque)	Eg = 0.10	X <u>11</u> H.P. X N\$ <u>2.0</u>	/ lto = N\$ <u>2.20</u>
GASOLINA	Eg = 0.10	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
(b) ELECTRICIDAD	Ec = 0.025	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
(c) LUBRICANTES	L = cPI		
ACEITE MOTOR DIESEL	Ld = 0.0003	X <u>11</u> H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ _____
ACEITE MOTOR GASOLINA	Lg = 0.0023	X _____ H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ <u>0.03</u>
ACEITE HIDRAULICO	Lh = 0.0001	X <u>5</u> H.P. X N\$ _____	/ lto = N\$ <u>0.01</u>
(d) LLANTAS $LL = \frac{VN}{HV}$	= N\$ <u>(300x2)/2.496</u>		N\$ <u>0.24</u>
(e) OTROS _____	N\$ _____	/ _____	HRS = N\$ <u>2.47</u>
	<b>SUMA DE CONSUMO POR HORA N\$</b>		
<b>OPERACION</b>			
		ACTIVO	ESPERA
<b>SALARIOS</b>			
OPERADOR	N\$ _____		
AYUDANTE	N\$ _____		
	N\$ <u>4.10</u>		
	<b>SUMA DE CONSUMO POR HORA N\$</b>	<u>4.10</u>	x 1 = N\$ <u>4.10</u>
FECHA: _____	COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (ACTIVO) N\$ <u>9.48</u>		
	COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (ESPERA)	N\$ <u>4.96</u>	

## 9.5 Costos de operación y mantenimiento

La operación, control y mantenimiento de una estación de transferencia requiere de una plantilla de personal perfectamente estructurada y bien definida en cuanto a sus funciones, de manera tal que las actividades que diariamente deban efectuarse, se hagan de manera eficiente. A continuación se presenta la descripción tanto de los puestos como de las funciones de los mismos.

### Jefe de estación

- × Planear, supervisar y dirigir operaciones y actividades
- × Coordinar las actividades de tipo técnico-administrativas
- × Análisis y procesamiento de información para elaboración de informes
- × Supervisión de personal
- × Coordinación con áreas externas

### Coordinador operativo

- × Coordinación de ingreso y maniobra
- × Supervisión de rutas de vehículos de transferencia
- × Coordinación del área de despunte y limpieza de las cajas de transferencia

### Coordinador de mantenimiento

× Coordinar el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades de transferencia

× Realizar reparaciones menores en el área de carga y descarga a los vehículos de transferencia y recolección

- × Coordinación del mantenimiento del equipo de control ambiental

- × Control del almacén de refacciones y lubricantes

- × Mantenimiento de las áreas verdes

- × Mantenimiento del señalamiento en vialidades interiores

### Coordinador administrativo

- × Control administrativo de personal

- × Reporte de nómina

- × Pago de salarios

- × Contratación de personal

- × Manejo de presupuesto interno

### Controlador de ingresos

- × Control de entradas y salidas de vehículos recolectores y de transferencia

- × Elaboración de informes

- × Operación de básculas para el pesaje

### Controlador de maniobras

- × Asignación de tolvas de descarga

- × Indicación de maniobras en el patio de descarga a los vehículos recolectores

- × Asignación de línea de servicio para el vehículo de transferencia

### Auxiliares mecánicos

- × Mantenimiento preventivo a vehículos de transferencia

- × Mantenimiento de instalaciones

- × Reparaciones menores a vehículos y equipos

### Secretarias

- × Realización de trabajos administrativos

- × Preparación de informes

### Vigilantes

- × Vigilancia interna de la estación

- × Vigilancia en los accesos

### Intendencia

- × Limpieza de vialidades interiores

- × Limpieza de zona de carga y descarga

- × Despunte de vehículos de transferencia

- × Lavado de vehículos recolectores y de transferencia

En la tabla 9.19 se presenta el número de trabajadores necesarios, así como el sueldo mensual estimado.

**PLANTILLA PARA LA OPERACION DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA  
(MES)**

**TABLA 9.19**

CATEGORIA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE N\$
JEFE DE ESTACION	1	6,876.6	6,876.6
COORDINADOR OPERATIVO	1	2,654.4	2,654.4
COORDINADO DE MANTENIMIENTO	1	2,654.4	2,654.4
COORDINADOR ADMINISTRATIVO	1	2,654.4	2,654.4
CONTROLADOR DE INGRESOS	2	1,271.4	2,542.8
CONTROLADOR DE MANIOBRAS	4	1,271.4	5,085.6
AUXILIARES MECANICOS	2	1,259.4	2,518.8
SECRETARIAS	2	1,855.5	3,711.0
VIGILANTES	2	1,278.9	2,557.8
INTENDENCIA	8	795.3	6,362.4
SUMA			37,618.2

La jornada de trabajo es generalmente de 40 a 50 horas por semana. La experiencia indica que un hombre desarrolla un esfuerzo físico grande en su trabajo. En los servicios de aseo, comienza la jornada con un 60% de su máxima capacidad, la cual alcanza al cabo de cinco horas. De ahí comienza una declinación pronunciada tal, que a las siete horas ha trabajado nuevamente al 60% y a las ocho horas ha llegado a un 50% de la productividad máxima.

Es conveniente señalar que las prestaciones al salario deben ser calculadas de acuerdo a la región de estudio, en la tabla 9.20 se presenta el cálculo del factor del salario real el cual será incrementado a los salarios reales mismos que son considerados en los análisis de costos.

**FACTOR DE SALARIO REAL**

**TABLA 9.20**

POR LEY FEDERAL DEL TRABAJO					
DÍAS POR AÑO	365.000 DÍAS	SEPTIMO DIA DÍAS FESTIVOS VACACIONES	52 DÍAS 7.170 6	DÍAS POR AÑO DÍAS NO LABORADOS	365.000 74.170
CUOTA DIARIA	365.000 DÍAS	FIESTAS COSTUMBRE	3	DÍAS LABORADOS	290.830
PRIMA VACACIONAL	1.500	ENFERMEDAD ES	2	381.500 DÍAS PAGADOS FACTOR----- 1.311763 290.830 DÍAS LABORADOS	=
AGUINALDO	15	MAL TIEMPO	4		
DÍAS PAGADOS	381.500 DÍAS	DÍAS NO LABORADOS	74.170 DÍAS		
POR SOCIAL	SEGURO	MINIMO	MAYOR MINIMO	FACTOR MINIMO	
RIESGOS TRABAJO	DE	6.562500	6.562500	0.248025 x 381.500 DÍAS PAGADOS ----- = 0.325350 290.830 DÍAS LABORADOS	
ENFERMEDAD MATERNIDAD	Y	11.400000	8.400000		
INVALIDEZ, VEJEZ,		6.840000	5.040000	FACTOR MAYOR AL MINIMO	

ETC.			$\frac{0.200025 \times 381.500}{290.830 \text{ DÍAS LABORADOS}} = 0.262385$
SUMA	24.802500	20.002500	

POR GUARDÍAS	1.000000	FACTOR: (0.010000 x 365.000 DÍAS AÑO) / 290.830 DÍAS LABORADOS FACTOR: 0.012550
POR INFONAVIT	0.000000	FACTOR: (0.000000 x 381.500 DÍAS PAGADOS) / 290.830 DÍAS LABORADOS FACTOR: 0.000000
POR ISRP	0.000000	FACTOR: (0.000000 x 381.500 DÍAS PAGADOS) / 290.830 DÍAS LABORADOS FACTOR: 0.000000
POR OTROS (DÍAS POR AÑO)	0.000000	FACTOR: (0.000000 x 365.000 DÍAS PAGADOS) / 290.830 DÍAS LABORADOS FACTOR: 0.000000
POR OTROS (DÍAS PAGADOS)	0.000000	FACTOR: (0.000000 x 381.500 DÍAS PAGADOS) / 290.830 DÍAS LABORADOS FACTOR: 0.000000
POR S.A.R.	2.000000	FACTOR: (0.020000 x 381.500 DÍAS PAGADOS) / 290.830 DÍAS LABORADOS FACTOR: 0.026235

(continuación)

INTEGRACION DEL FACTOR DE SALARIO REAL	MINIMO	MAYOR MINIMO
POR LEY FEDERAL DEL TRABAJO	1.311763	1.311763
POR SEGURO SOCIAL	0.325350	0.262385
POR GUARDÍAS	0.012550	0.012550
POR INFONAVIT	0.000000	0.000000
POR ISRP	0.000000	0.000000
POR OTROS (DÍAS POR AÑO)	0.000000	0.000000
POR OTROS (DÍAS PAGADOS)	0.000000	0.000000
POR S.A.R.	0.026235	0.026235
FACTOR DE SALARIO REAL	1.675898	1.612934

## 9.6 Resumen de costos

Para realizar la evaluación económica de una estación de transferencia, es conveniente resumir los costos de los conceptos que se han manejado en el presente capítulo, los cuales se presentan en las tablas 9.21 y 9.22.

### COSTOS DE INVERSION

TABLA 9.21

CONCEPTO	COSTO	
	N\$	US\$
ESTUDIOS PRELIMINARES		
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA	223,079.70	31,868.53
IMPACTO VIAL	83,142.50	11,877.50
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	8,234.08	1,176.30

CONCEPTO	COSTO	
	N\$	US\$
MECANICA DE SUELOS	40,061.90	5,723.13
IMPACTO AMBIENTAL	132,738.77	18,962.68
<b>SUBTOTAL</b>	<b>487,256.95</b>	<b>69,608.14</b>
<b>PROYECTO EJECUTIVO</b>		
PROYECTO ARQUITECTONICO	292,800.00	41,828.57
PROYECTO ESTRUCTURAL	12,536.05	1,790.86
PROYECTO ELECTRICO	5,939.34	848.48
PROYECTO HIDRAULICO	6,183.47	883.35
PROYECTO SANITARIO Y PLUVIAL	6,066.72	866.67
PROYECTO DE CONTROLES AMBIENTALES	6,066.35	866.62
ELABORACION DE CATALOGO DE CONCEPTOS	7,137.77	1,019.68
ANTEPRESUPUESTO	5,134.36	733.48
<b>SUBTOTAL</b>	<b>341,864.06</b>	<b>48,837.71</b>
CONSTRUCCION	9'016,800.00	1'288,114.29
<b>SUBTOTAL</b>	<b>9'016,800.00</b>	<b>1'288,114.29</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9'845,921.01</b>	<b>1'406,560.14</b>

**COSTOS DE OPERACION  
TABLA 9.22**

CONCEPTO	COSTO	
	N\$/MES	US\$/MES
<b>OPERACION</b>		
PERSONAL OPERATIVO DE LA ESTACION DE TRANSFERENCIA	37,618.20	5,374.03
CARGOS ADMINISTRATIVOS 33% DEL PERSONAL	12,414.00	1,773.43
<b>SUBTOTAL</b>	<b>50,032.20</b>	<b>7,147.46</b>
<b>EQUIPO</b>		
VEHÍCULOS DE TRANSFERENCIA	362,232.00	51,747.43
HIDROLAVADORAS	6,825.60	975.09
<b>SUBTOTAL</b>	<b>369,057.60</b>	<b>52,722.52</b>
<b>TOTAL</b>	<b>419,089.80</b>	<b>59,869.98</b>

Bajo los términos de operación planteados en el capítulo 4, se requiere para dar servicio a la estación de transferencia planteada 13 vehículos de transferencia y 3 hidrolavadoras.

9 vehículos de transferencia x N\$ 116.1/hr x 8 hrs = N\$ 8,359.20/Jor.

\$ 8,359.20/Jor x 30 = \$ 250,776.00/mes

3 hidrolavadoras x N\$ 9.48 x 8 hrs = N\$ 227.52/Jor.

\$ 227.52/Jor x 30 = \$ 6,825.6/mes

Cabe aclarar que una de las formas de operación que ha demostrado mayor eficiencia en las estaciones de transferencia es bajo el sistema de rentar el equipamiento, en la que la empresa contratista sea responsable tanto del personal operario como del mantenimiento del equipo.

## 9.7 Indicadores de costos

Costos de inversión

Costo total de inversión = US\$ 1'406,560.14

Vida útil de la estación = 20 años

Tonelaje transferido = 1,963 ton/día

Tonelaje transferido durante la vida útil de la estación = 14'329,900 ton.

US\$ 1'406,560.14

Costo por tonelada = -----= US\$ 0.1/ton.



14'329,900.00 ton

Costos de operación

Costos operativos = US\$ 59,869.98/mes

Tonelaje mensual transferido = 58,890.00 ton/mes

US\$ 59,869.98/mes

Costo por tonelada = ----- = US\$ 1.01/ton.

58,890.00 ton/mes

Costo total = 0.1 + 1.01 = US\$ 1.11/ton.

Costos de recolección

Capacidad del vehículo recolector = 6 ton/turno

Costo horario = US\$ 14.91

Costo horario por minuto = US\$ 0.25/min

US\$ 0.25/min

Costo por tonelada =----- = US\$ 0.042/ton-min

6 ton

Costos del vehículo de transferencia

Capacidad del vehículo de transferencia = 60 ton/turno

Costo horario = US\$ 16.59

Costo horario por minuto = US\$ 0.28/min

US\$ 0.28/min

Costo por tonelada =----- = US\$ 0.005/ton-min

60 ton