



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

**DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE
RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC
DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y TECPAN DE GALEANA,
GUERRERO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA
(AMBIENTAL-RESIDUOS)**

PRESENTA:

ING. AÍDA MEDINA GONZÁLEZ

TUTOR

M. en C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS



México, D.F. 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente:	Dr. Pedro Martínez Pereda
Secretario:	Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas
Vocal:	M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios
1 ^{er} Suplente	M.I. Alba Beatriz Vázquez González
2 ^{do} Suplente	Dra. Georgina Fernández Villagómez

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

FACULTAD DE INGENIERÍA

TUTOR DE TESIS

M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios

FIRMA

*La imaginación es más importante que el conocimiento
(Albert Einstein)*

ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	14
ALCANCES	15
RESULTADOS ESPERADOS.....	15
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES	16
EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO.....	16
CICLO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	18
MARCO JURÍDICO	25
DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RSU EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	28
ATOYAC DE ÁLVAREZ	28
EL PARAÍSO	36
BENITO JUÁREZ	41
TECPAN DE GALEANA	47
CAPÍTULO 3. BASES DE DISEÑO	54
TIPOS DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.....	55
ESTACIONES DE TRANSFERENCIA POR OPERACIÓN DE DESCARGA DIRECTA E INDIRECTA	55
ESTACIONES DE TRANSFERENCIA POR PROCESAMIENTO DE RESIDUOS.....	57
PLANEACIÓN Y PROYECTO DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	62
DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA DE RSU PARA LA ZONA EN ESTUDIO.....	62
CÁLCULO DE PORCENTAJE DE COBERTURA DE SERVICIO	66
CÁLCULO DE RECEPCIÓN DE RESIDUOS DE LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	68
CÁLCULO DEL COSTO DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN	69

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE
ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

CAPÍTULO 4. DISEÑO PROPUESTO PARA LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA.....	72
SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA.....	72
CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO	73
COSTO DE LA INVERSIÓN INICIAL DE LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	83
EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	83
CAPÍTULO 5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	85
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	86
CRITERIOS PARA DEFINIR LA REGIÓN FACTIBLE DE LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	94
CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD GEOGRÁFICO DE LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA	94
CAPÍTULO 6. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	102
COMPOSTAJE AEROBIO	102
SISTEMAS DE COMPOSTAJE	104
DISEÑO Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE COMPOSTAJE	105
DISEÑO DE LA PILA	106
DIMENSIONAMIENTO DEL PATIO DE COMPOSTAJE.....	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS	118
ANEXO	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Distancia de las localidades en estudio al relleno sanitario.....	14
Tabla 2.1 Clasificación de subproductos y porcentaje en peso para el municipio de Atoyac de Álvarez	30
Tabla 2.2 Cálculo de la generación de residuos en toneladas por día Atoyac de Álvarez.....	31
Tabla 2.3 Cálculo de porcentaje de cobertura de servicio Atoyac de Álvarez.....	32
Tabla 2.4 Clasificación de subproductos y porcentaje en peso “El Paraíso”	37
Tabla 2.5 Clasificación de subproductos en peso y porcentaje Benito Juárez	42
Tabla 2.6 Cálculo de la generación de residuos en toneladas por día Benito Juárez	43
Tabla 2.7 Cálculo del porcentaje de cobertura Benito Juárez	44
Tabla 2.8 Clasificación de subproductos y porcentaje en peso Tecpan de Galeana	48
Tabla 2.9 Cálculo de la generación de residuos en toneladas por día Tecpan de Galeana	49
Tabla 2.10 Cálculo del porcentaje de cobertura Tecpan de Galeana	50
Tabla 3.1 Cálculo de la proyección poblacional al año 2023 para la zona de estudio.....	64
Tabla 3.2 Proyección de generación de residuos sólidos municipales para el año 2023	65
Tabla 3.3 Cálculo de porcentaje de cobertura Atoyac de Álvarez.....	66
Tabla 3.4 Cálculo de porcentaje de cobertura Benito Juárez	67
Tabla 3.5 Cálculo de porcentaje de cobertura Tecpan de Galeana	67
Tabla 3.6 Cálculo de recepción de residuos en toneladas por día para la estación de transferencia.....	68
Tabla 3.7 Cálculo del costo por hora de los vehículos de recolección que operan actualmente en la zona de estudio.....	70
Tabla 3.8 Cálculo del costo por hora de un vehículo recolector de 10 m ³	71
Tabla 4.1 Presupuesto de la estación de transferencia.....	83
Tabla 4.2 Análisis de requerimiento del servicio de una estación de transferencia de residuos en la zona de estudio.....	84
Tabla 5.1 Ubicación del centroide bajo el criterio de Población (Tecpan de Galeana)	95
Tabla 5.2 Ubicación de centroide bajo el criterio de Población(Atoyac de Álvarez)	96
Tabla 5.3 Ubicación del centroide bajo el criterio de Generación (Tecpan de Galeana)	96
Tabla 5.4 Ubicación del centroide bajo el criterio de Generación (Atoyac de Álvarez)	97
Tabla 5.5 Distancias existentes desde la zona de estudio hacia el relleno sanitario.....	98
Tabla 5.6 Registro de tiempo y velocidad de la zona de estudio al relleno sanitario.....	99
Tabla 5.7 Ubicación del centroide bajo el criterio de Vialidades (Tecpan de Galeana)	99
Tabla 5.8 Ubicación del centroide bajo el criterio de Vialidades (Atoyac de Álvarez)	100
Tabla 6.1 Determinación de residuos sólidos destinados a tratamiento biológico.....	106
Tabla 6.2. Parámetros y requisitos físico químicos del producto final (Composta)	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Localización de la Costa Grande, Guerrero.....	10
Figura 1.2 Localización de la Cuenca del Río Atoyac	11
Figura 1.3 Localización de la zona de estudio	12
Figura 1.4 Tiradero a cielo abierto Atoyac de Álvarez.....	13
Figura 2.1 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en el municipio Atoyac de Álvarez....	31
Figura 2.2 Disposición inadecuada de residuos sólidos en las vialidades de Atoyac de Álvarez.....	33
Figura 2.3 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en la localidad “El Paraíso”	38
Figura 2.4 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en el municipio Atoyac de Álvarez...	43
Figura 2.5 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en el municipio Tecpan de Galeana..	49
Figura 3.1 Estación de transferencia de carga directa, México DF.....	56
Figura 3.2 Estación de transferencia con mecanismo de compactación, Aguascalientes.....	58
Figura 3.3 Estación de transferencia con sistema de enfardamiento Santiago de Chile.....	61
Figura 3.4 Vehículo de recolección, Tecpan de Galeana	69
Figura 4.1 Estación de transferencia de carga directa.....	72
Figura 4.2 Diseño y componentes de la Estación de Transferencia	74
Figura 4.3 Planta arquitectónica, caseta de vigilancia.....	75
Figura 4.4 Planta arquitectónica, caseta de pesaje	76
Figura 4.5 Planta arquitectónica, estación de transferencia (patio de maniobras, planta)	77
Figura 4.6 Planta arquitectónica, estación de transferencia (patio de maniobras, corte)	78
Figura 4.7 Planta arquitectónica, oficinas	79
Figura 4.8 Planta arquitectónica, taller de mantenimiento	80
Figura 4.9 Planta arquitectónica, baños, oficina y bodega.....	81
Figura 4.10 Plano en planta del diseño de la estación de transferencia de residuos sólidos urbanos	82
Figura 5.1. Localización de las localidades Atoyac de Álvarez-Tecpan de Galeana	85
Figura 5.2 Mapa de temperatura media anual.....	93
Figura 5.3 Mapa de precipitación promedio anual	94
Figura 5.4 Ubicación de las estaciones de transferencia Generación	97
Figura 5.5 Ubicación de la zona factible para la construcción de la estación de transferencia que prestará servicio al municipio Tecpan de Galeana.....	101
Figura 6.1 Arreglo General de la Planta de Composta.....	109
Figura 6.2 Gráfica del comportamiento de la temperatura en el proceso de compostaje	110
Figura 6.3 Comportamiento de pH en el proceso de compostaje.....	111

RESUMEN

Los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, presentan serios problemas de contaminación ambiental derivados entre otros factores del inadecuado manejo y disposición final de sus residuos sólidos urbanos.

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar la posibilidad de la implementación del servicio de transferencia de residuos tomando en cuenta las características físicas de los mismos, y realizar la determinación de su ubicación geográfica, esto tomando en cuenta diferentes parámetros.

Entre los parámetros a contemplar se encuentran la densidad de población, la generación de residuos y las principales vialidades de la zona por atender. Así mismo se determinará el tipo de descarga de residuos de la estación y se propondrán los vehículos que prestarán servicio a la recolección de los mismos. También se propondrán alternativas de tratamiento de residuos con base en los datos arrojados en el estudio diagnóstico realizado por la Facultad de Ingeniería en el año 2006 para la zona de estudio.

Con la caracterización de residuos y la proyección de población y generación se determina la capacidad de recepción de residuos sólidos en la estación de transferencia y con ello se establece el área requerida para su operación. Con los resultados obtenidos del estudio diagnóstico se determina el subproducto que se genera en mayor porcentaje y se propone una alternativa de tratamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la zona en estudio requiere del servicio de transferencia de residuos sólidos urbanos. Se realizó el diseño de la estación de transferencia la cual descargará dichos residuos por gravedad. Por último, con el fin de incrementar la operación del relleno sanitario intermunicipal se propone someter a tratamiento biológico a la fracción orgánica de los residuos.

ABSTRACT

The municipalities of Atoyac of Álvarez, Benito Juárez and Tecpan of Galeana show evidence of serious environmental contamination troubles as the result of the inadequate management and final disposition of its urban solid wastes.

The writing's main objective is to evaluate the possible implementation of waste transfer service considering its physical characteristics, and making the statement of its geographic location, that in consideration of different parameters.

Among the parameters in consideration are the population density, the waste generation and the main roads of the area to be attended. Likewise it will be established the type of waste station's unloading and the vehicles fleet that will provide the recollection service will be proposed. Also, it will be proposed alternatives for the waste's treatment; these alternatives are based on the data obtained in the diagnostic study done by the Faculty of Engineering in 2006.

Using the characterization of wastes and the projection of population and (waste) generation, the capacity for receipt of solid wastes at the transfer station is determined, and within the area *required* for its operation. With the results obtained from the diagnostic study, the sub product generated in mayor percentage is determined and an alternative for treatment can be proposed.

According to the obtained results in this work, the study area needs a transfer service for the Urbana's solid waste. The design of the transference station was thought for unloading by gravity. In order to achieve the purpose of increasing the operation level of the inter-municipality's sanitary landfill; it's been proposed to undergo the organic fraction of the waste with biological treatment.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Justificación

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad contribuir a la solución de algunos de los problemas generados por la inadecuada gestión de residuos sólidos municipales en las localidades Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, esto mediante el diseño de una estación de transferencia y una planta de composta.

La cuenca del río Atoyac se encuentra localizada en La Costa Grande al sur del estado de Guerrero y presenta un serio problema de contaminación ambiental entre los que se incluyen la inadecuada disposición de residuos sólidos y el nulo tratamiento de las aguas residuales.

El río Atoyac nace en la Sierra Madre y pasa por los municipios de Atoyac de Álvarez con 132 localidades, Benito Juárez con 32 localidades y Tecpan de Galeana con 432 localidades, estos municipios se encuentran dentro de la Cuenca del río Atoyac.

La localidad El Paraíso es la más grande del municipio de Atoyac de Álvarez y es en este lugar donde inicia la contaminación del río, debido a que los residuos sólidos y las aguas residuales domésticas y del rastro municipal son descargados al río Atoyac.

El cauce del río Atoyac atraviesa el Municipio de Benito Juárez y su localidad más grande es San Jerónimo de Juárez, lugar donde el río presenta la acumulación de todos los residuos que arrastra desde Atoyac en una de las barrancas formadas naturalmente en la playa de Paraíso Escondido, haciendo que su contaminación se agudice pues recibe los residuos de cada localidad por la que atraviesa. La figura 1.1 muestra la localización de la Costa Grande en el estado de Guerrero.



Figura 1.1 Localización de la Costa Grande, Guerrero

Fuente: Plan Estatal de desarrollo, Guerrero 2005-2011

Los municipios de Atoyac de Álvarez y Benito Juárez manifiestan un problema agudo ya que los sitios usados para la disposición final son tiraderos a cielo abierto donde se practican frecuentes quemas de residuos lo que aumenta los impactos ambientales negativos sobre la cuenca.

En el 2005 se puso en marcha el proyecto “México: Las Regiones Sociales en el Siglo XXI” (PROREGIONES), el cual se encarga del desarrollo de estudios para el tratamiento de aguas residuales en algunas regiones y cuencas de México, dicho proyecto está a cargo de la Universidad Nacional Autónoma de México, y fue impulsado por el entonces rector de la UNAM el Dr. Juan Ramón de la Fuente.

El objetivo del proyecto PROREGIONES es la restauración de algunas regiones y cuencas de México las cuales han sido alteradas en su ciclo hidrológico debido a la intensificación de la acción humana, la sobre explotación de los recursos naturales, la actividad agrícola y el crecimiento acelerado de la población, éstos son algunos de los factores que han contribuido de forma importante al deterioro ambiental que se puede observar a lo largo de todo el país.

El Municipio de Atoyac de Álvarez, en la Costa Grande de Guerrero, alberga la cuenca del Río Atoyac, la cual conecta alrededor de 40 localidades que van desde el filo de las montañas en la Sierra Madre hasta la costa guerrerense.

La extensión territorial de los Municipios de Atoyac y Benito Juárez es de 93 km² tienen una población de alrededor de 70 000 habitantes. El área de la cuenca es de 859 km². La figura 1.2 muestra la localización de la cuenca del río Atoyac.

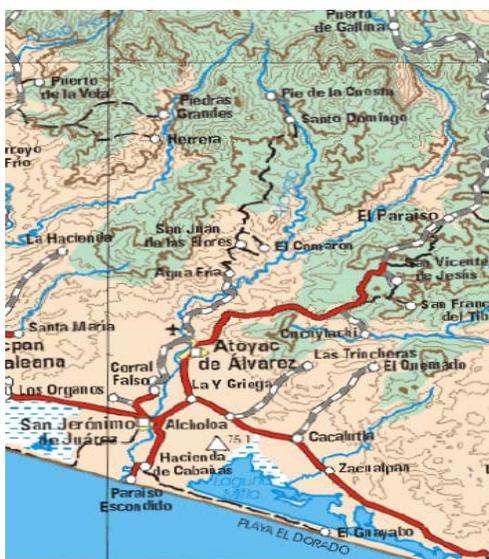


Figura 1.2 Localización de la Cuenca del Río Atoyac
Fuente: Archivos PROREGIONES

Algunos problemas que la región tiene que enfrentar son de tipo ambiental, económico, social e institucional. Dentro de los problemas ambientales se pueden mencionar la deforestación y disminución de capacidad de recarga de los mantos acuíferos y cauce del río, la contaminación del agua por la disposición inadecuada de residuos sólidos urbanos, además los sistemas de drenaje están mal canalizados, y existe descarga sin tratamiento de aguas residuales al río, y escurrimiento de agroquímicos.

La problemática identificada que tienen en común los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana es el manejo inadecuado de residuos sólidos.

En la figura 1.3 se muestra la localización de los municipios de la zona de estudio.

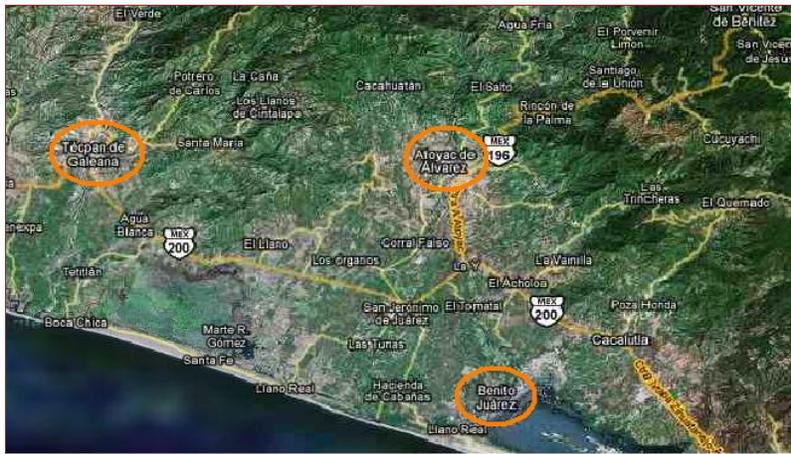


Figura 1.3 Localización de la zona de estudio

Fuente: Google Earth

Actualmente disponen de dichos residuos en tiraderos a cielo abierto y esto tiene como consecuencia diversos impactos ambientales adversos entre los que se incluyen problemas severos en relación a la salud de la población.

Entre los impactos ambientales adversos se pueden mencionar los siguientes:

- Contaminación del aire por quema de residuos
- Existencia de pepenadores expuestos a insalubridad y a los gases de la combustión
- Los residuos peligrosos son confinados en las mismas celdas que los municipales
- Alteración del paisaje
- Proliferación de fauna nociva que afecta a los pobladores cercanos al tiradero
- Contaminación de aguas subterráneas por filtración de lixiviados

La figura 1.4 muestra el manejo inadecuado por parte de la población, de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Atoyac de Álvarez, situación que se repite por parte de las localidades y municipios de la zona.



Figura 1.4 Tiradero a cielo abierto Atoyac de Álvarez
Fuente: archivo propio

Con el fin de dar solución al problema de la inadecuada disposición de los residuos sólidos, los tres municipios fueron convocados para la ejecución de los estudios, proyectos y construcción de un relleno sanitario intermunicipal, proyecto que se realizará mediante el apoyo de la Subsecretaría de Obras Públicas de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del estado de Guerrero y con recursos financieros de Banco Nacional de Obras (BANOBRAS) que en conjunto con la aportación económica de los tres municipios mencionados se realizarán los trabajos descritos.

Como parte de los trabajos previos realizados por PROREGIONES y la Facultad de Ingeniería se seleccionó el sitio de disposición conforme a lo que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 “Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”. Con el dictamen presentado, los municipios adquirieron el terreno.

El sitio seleccionado se encuentra en el kilómetro 94 de la autopista 200 Acapulco-Zihuatanejo. Las distancias de las localidades de los municipios que intervienen en el proyecto que están más alejadas del sitio de disposición se presentan en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Distancia de las localidades en estudio al relleno sanitario

Población	Distancia de las localidades al relleno sanitario (km)
Atoyac de Álvarez	20
Benito Juárez	16
Tecpan de Galeana	35

Como se puede observar la distancia que existe entre el sitio seleccionado y la cabecera del municipio de Tecpan de Galeana es de 35 km, distancia que es superior a 20 km, que es la distancia máxima recomendable para transportar los residuos sólidos de una población al sitio de disposición final, por lo que se determinó diseñar y construir una estación de transferencia en este municipio.

Algunos de los beneficios que se obtendrán con la estación de transferencia son los siguientes:

- Optimización de horas hombre en la jornada laboral
- Reducción de los costos de transporte
- Reducción del consumo de combustible de vehículos de recolección
- Reducción de emisiones a la atmósfera
- Incremento en la vida útil de los vehículos de recolección

El diseño de la estación de transferencia se realizará tomando en cuenta que requiere un sistema eficiente de recolección y disposición final de residuos sólidos municipales, y que el sistema de recolección utiliza casi el 60% del costo total del presupuesto destinado a un municipio para el manejo integral de los residuos sólidos. Es importante realizar un análisis detallado del manejo de los residuos de los tres municipios hacia el relleno sanitario.

Objetivos

Objetivo General:

Realizar el diseño de las estaciones de transferencia de residuos sólidos municipales en los municipios de Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana considerando la generación y el tipo de residuos.

Objetivos Particulares:

- Determinar la cantidad de residuos que se transfieren por parte de las localidades de más de 3000 habitantes de cada municipio hacia el relleno sanitario, proyectando la población y la generación per cápita de residuos sólidos.
- Analizar y determinar la localización geográfica de la estación de transferencia mediante el cálculo de centroides en coordenadas UTM.
- Elaborar la ingeniería básica de la estación de transferencia considerando: a) diagrama de flujo; b) arreglo general de las instalaciones y c) niveles de carga y descarga.
- Analizar y determinar el tipo de carga en la estación de transferencia con base al análisis económico de cada municipio.
- Determinar el número de tolvas de servicio requeridas en la zona de transferencia evitando tiempos de espera excesivos.
- Seleccionar el equipo vehicular adecuado para la operación del transporte con base en la estación de transferencia seleccionada.
- Diseñar conceptualmente una planta de composta que proporcionará tratamiento biológico a la fracción orgánica de los residuos.

Alcances

- Se estimará la cantidad de residuos sólidos a transferir de las localidades de más de 3000 habitantes de cada municipio al sitio de disposición final.
- Se propondrá un proyecto conceptual y dimensional de la estación de transferencia.
- Se identificará el método de transferencia de residuos sólidos más adecuado.
- Se identificará la zona factible para la ubicación de la estación de transferencia.

Resultados esperados

Se propondrá el diseño conceptual y dimensional de la estación de transferencia, que permita la optimización en el manejo y disposición final de residuos sólidos urbanos reduciendo la contaminación ambiental que presentan los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, permitiendo el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

El manejo de residuos sólidos en México

El manejo de los residuos sólidos urbanos ha representado un reto permanente para las sociedades modernas. Dado el incremento demográfico e industrial del país, el cambio de los patrones de consumo, la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en centros urbanos y los correspondientes cambios en la composición de los residuos, la sociedad pasó de una condición relativamente cómoda, a una sociedad en la que la carga contaminante de los residuos rebasa el poder de recuperación natural del medio ambiente.

En México, por ejemplo, se presentan algunos casos específicos de daños originados por deficiencias en el manejo, tratamiento y disposición final de los residuos que se han tornado graves, ya sea por contaminación directa al suelo o a la atmósfera, o porque han ocasionado contaminación de fuentes superficiales y/o subterráneas de agua. Lo anterior explica, porque en México el manejo de los residuos sólidos es un servicio público que presenta rezagos, y aún en la actualidad, a pesar de los esfuerzos orientados a mejorar dicho servicio, éstos no han sido suficientes.

Las autoridades municipales y la población tienen una fuerte interacción en el ámbito de los residuos sólidos, la población participa en las etapas de comercialización, generación y almacenamiento, las cuales demandan servicios de aseo urbano, limitando la participación de la población al almacenamiento temporal en las diversas fuentes generadoras, para posteriormente entregar sus residuos sólidos a los vehículos recolectores. Las autoridades respectivas ofrecen los servicios que la población demanda proporcionando la recolección de dichos residuos, barrido manual, barrido mecánico, estaciones de transferencia, transporte, sitios de disposición final.

En México se ha modificado sustancialmente la cantidad y composición de los residuos sólidos urbanos, por lo que en los últimos 50 años la generación aumentó de 300 g por habitante por día en la década de los cincuentas, a más de 1,100 g de residuos generados por habitante en año 2002; de igual forma, el incremento de la población en el mismo periodo, paso de 30 millones de habitantes a más de 100 millones, teniendo una generación nacional de residuos estimada en 83,830 toneladas diarias para el presente año, (SEDESOL, 1996).

En cuatro décadas la generación de residuos sólidos urbanos se incrementó nueve veces y sus características cambiaron de materiales mayoritariamente orgánicos, a elementos cuya descomposición es lenta y que requiere de procesos complementarios para que pueda llevarse a cabo, (SEDESOL, 1996).

Se estima que en México se recolecta únicamente el 83% del total de los residuos sólidos urbanos generados, es decir 69,600 toneladas, quedando dispersas diariamente 14,230 toneladas. Solo un poco más del 49% se deposita en sitios controlados, esto es, 41,200 toneladas por día, lo que quiere decir que 42,630 se disponen diariamente a cielo abierto en tiraderos no controlados o en tiraderos clandestinos. El manejo deficiente de residuos sólidos urbanos causa daños graves y muchas veces irreversibles al medio ambiente ya que son causantes directos de contaminación de suelo, agua y aire, (SEDESOL, 1997).

Los efectos del manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos incluyen: el deterioro estético de las ciudades, así como del paisaje natural, tanto urbano como rural, con la consecuente devaluación tanto de los predios donde se localizan los tiraderos como de las áreas vecinas por el abandono y la acumulación de basura, siendo este uno de los efectos fácilmente observados por la población; sin embargo, entre los efectos ambientales más severos se tienen la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, ocasionada por el vertimiento directo de los residuos sólidos así como por la infiltración en el suelo del lixiviado que es producto de la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos y que muchas veces es mezclada con otros residuos de origen químico.

Un residuo sólido según lo define la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (2007) es: "cualquier material generado en los procesos de extracción, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento y cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó. Se caracterizan por ser materiales que han perdido valor o utilidad para sus propietarios".

La mayoría de las veces dichos residuos son susceptibles a un tratamiento para poder volver a generar los mismos productos o materia prima usados en su fabricación, por eso es importante tener una clara clasificación de estos. Los residuos sólidos se clasifican por su estado, origen o característica, (DGSU, 1996).

Clasificación por estado: Un residuo es definido según el estado físico en que se encuentre. Existen por lo tanto tres tipos de residuos: sólidos, líquidos y gaseosos.

Clasificación por origen: Se puede definir el residuo por la actividad que lo originó, esencialmente es una clasificación sectorial (residuos municipales, industriales, mineros, hospitalarios)

Para fines del presente trabajo, se tratan solo los residuos sólidos urbanos; La generación de residuos urbanos varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de los residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

Ciclo de los residuos sólidos

Los residuos sólidos conforman un ciclo compuesto de varias etapas estrechamente vinculadas, el cual inicia desde la producción de los bienes de consumo, continuando con la generación, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte primario y secundario, tratamiento y disposición final, (Tchobanoglous, 1993).

Generación

La generación de residuos abarca las actividades en las que los materiales son identificados sin ningún valor adicional, y son tirados o recogidos juntos para su disposición final. La generación de residuos es una actividad poco controlable.

En México la generación de residuos sólidos varía de 0.68 a 1.4 kg/hab/día. Los valores inferiores corresponden a zonas en su mayoría semirurales o rurales, mientras que los valores superiores, representan la generación en zonas metropolitanas (DGSU, 1999).

La generación de los residuos sólidos es el parámetro que se debe considerar para contar con un sistema integral de manejo de residuos, se refiere a la cantidad de residuos que se tienen en un sitio determinado por día, y la unidad para medirla es kg/hab/día.

Conocer la generación es de gran importancia ya que con base en esta información se puede diseñar correctamente el resto del sistema de manejo de los residuos sólidos; por ejemplo, con el volumen de generación de residuos se calcula el número y tipo de vehículos de recolección necesarios para dar un buen servicio a la población, además a partir de la generación puede estimarse la capacidad para el diseño de un relleno sanitario y la vida útil del actual sitio de disposición final.

Para conocer la generación media o promedio de una población se debe realizar un estudio de generación, el cual está definido en la norma mexicana NMX-AA-61-1985.

Las características de los residuos sólidos urbanos se determinan a partir de un análisis de subproductos de los RSU de acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-22-1985, este análisis es importante para el posterior diseño de un sistema de aprovechamiento de los mismos, ya que con este estudio se conocen los porcentajes de cada subproducto que se encuentra en los residuos y así se diseñan de mejor manera programas para su aprovechamiento.

Para determinar la cantidad y tipo de vehículos de recolección, estimar la capacidad del sitio de recolección, y definir el programa de recuperación y tratamiento es necesario determinar también el peso volumétrico de los RSU con base en lo establecido en la NMX-AA-19-1985.

Almacenamiento

El almacenamiento consiste en depositar temporalmente todos aquellos productos que carezcan de interés para el generador de residuos sólidos éstos incluyen materiales biodegradables, como restos de alimentos y de hojarasca además de otros materiales como cartón, vidrio, tela, plástico, metal, fibras, cuero, hule, madera etc. Debe considerarse que al aumentar el tiempo de almacenamiento se incrementa el volumen de residuos y por tanto las necesidades de espacio para este fin.

Son pocas las ciudades donde se tiene un almacenamiento adecuado en las casas habitación, los comercios, industrias, escuelas, oficinas y hospitales. Según las características de la fuente generadora hay varios tipos de almacenamiento por ejemplo, almacenamiento en casas habitación, almacenamiento comercial (mercados, tiendas de abarrotes, restaurantes y hoteles), almacenamiento industrial y almacenamiento hospitalario, (GTZ, 2005).

Almacenamiento casa-habitación

Con respecto al almacenamiento domiciliario éste se efectúa en la mayoría de los casos, bajo condiciones inadecuadas. En primer lugar los recipientes varían, ya que se emplean desde las bolsas de papel, plástico, cajas de cartón hasta botes de lámina, madera o plástico. los cuales en ocasiones no son lo suficientemente resistentes para contener la basura o no son idóneos para poder ser manejados por el personal de recolección.

En cuanto a su ubicación, normalmente se localizan en la cocina la cual puede atraer la proliferación de insectos o roedores si no disponen con una cubierta o tapa. Así mismo, no llevar a cabo una separación en residuos en orgánicos e inorgánicos, hace que se dificulte el rescate posterior de material reciclable.

Por lo tanto, es importante orientar y sensibilizar a la población para que utilice recipientes adecuados, que mantengan la higiene mientras los residuos son recolectados, y además promover prácticas de separación y reciclaje doméstico de los desechos, (SEDESOL, 1997).

Barrido

El barrido es otra fase del sistema de recolección de basura y surge por la necesidad de limpieza y estética de las vías de intensa circulación peatonal además de las calles principales, parques y jardines, las que por factores naturales o antropogénicos son invadidas por residuos vegetales, arenas, lodos, envolturas de artículos, o residuos de comidas, botellas de vidrio, etc.

Barrido manual

Para poder recolectar la diversidad de residuos, en un buen número de ciudades medias del país se emplea en mayor proporción el barrido manual, para lo cual se utiliza materiales diversos tales como:

- Carros con tambos de 200 l (recipientes de lámina que comúnmente se utilizan para el almacenamiento, envase o embalaje de diversas sustancias)
- Escobas
- Cepillos
- Recogedores

Con respecto al personal cada barrendero dispone de un carro. Un jefe se encarga de la distribución del trabajo de los barrenderos. En promedio para el barrido en ciudades latinoamericanas se tiene un rendimiento individual de 1 a 2.5 km/día de calle y en promedio por kilómetro barrido se recogen de 30 a 90 kg, requiriéndose de un barrendero por cada 1000 habitantes (SEDESOL, 1996)

Las áreas prioritarias de atención son las zonas pavimentadas como el centro de la ciudad o municipio, escuelas, sitios comerciales, calles y avenidas céntricas, parques y jardines.

Barrido mecánico

El uso de este sistema de barrido se observa en mayor proporción en ciudades de los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Baja California; en el centro del país también se realiza, aunque en forma escasa. El hecho de que pocas ciudades dispongan de maquinaria para el barrido se debe principalmente a la falta de recursos económicos para adquirir el equipo y para darle el mantenimiento adecuado. (Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia, SEDESOL, 1996)

Recolección

La etapa de recolección es la parte medular de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y su transporte al sitio de transferencia, tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo, en esta etapa suelen emplearse una proporción importante de recursos económicos destinados a la gestión de RSU.

Para el diseño de un sistema de recolección deben conocerse los siguientes datos: cantidad y características de los desechos sólidos, tipo de almacenamiento, frecuencia de recolección, método de recolección y tripulación, tipo de vehículos, etc.

En general ciudades y municipios no cuentan con un diseño de rutas de recolección, lo cual refleja que los municipios además de no contar con los suficientes recursos económicos tampoco disponen de una buena planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y a menor costo, sobre todo para aquellos lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de reciente creación. Esta situación trae por consecuencia que se acumulen cantidades considerables de residuos en áreas como lotes baldíos, barrancas y colonias periféricas.

El servicio de recolección consiste en que el personal encargado reciba los residuos de manera directa o indirecta (contenedores privados o públicos, respectivamente) por parte del generador de los residuos; los que son depositados temporalmente en las cajas de los vehículos recolectores, trasladados a estaciones de transferencia, tratamiento, disposición final o centros de acopio.

Las formas en que el generador y el equipo recolector (un chofer y uno o dos ayudantes recolectores) interactúan para efectuar la recolección de los residuos se lleva a cabo mediante uno o más de los tres métodos que a continuación se explican, (Manual técnico sobre diseño de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos, SEDESOL, 1997).

Método de Parada Fija: El vehículo recolector es estacionado por el chofer en un lugar específico, generalmente una esquina o el centro de una calle, mientras que un trabajador del servicio de recolección hace sonar una campana para avisar que los generadores pueden ir a entregar sus residuos en el lugar y horario acordado. Los generadores van al lugar donde se estacionó el vehículo, hacen una fila para esperar su turno y entregan sus residuos contenidos en bolsas o recipientes rígidos, los cuales solo se entregan para que el trabajador del servicio vacíe el contenido y regrese el recipiente al dueño. Este método es el más comúnmente utilizado en las diversas localidades del país.

Método de Acera: Los generadores de varias viviendas colocan sus residuos fuera de su vivienda, en un lugar visible y contenidos en una bolsa, costal o en un recipiente rígido, para su almacenamiento temporal, el personal de recolección los toma para depositarlos en el interior de la caja recolectora del vehículo, mientras éste continúa avanzando hacia otras casas, donde otro recolector deposita más residuos. Este método no es muy utilizado pues se requiere más personal para el levantamiento de todas las bolsas de casa en casa, y el vehículo consume mayor cantidad de combustible por estar en constante movimiento.

Recolección de Contenedor: Los generadores colocan sus residuos en el contenedor público, ubicado en una calle principal, el patio trasero de la escuela o algún establecimiento público, mercado, etc., cercano a varias viviendas pertenecientes a una colonia o conjunto de manzanas, que pueden depositar sus residuos en él, sin tener que depender de un horario o día del servicio de recolección. Posteriormente el recolector trasladará los residuos que se encuentran dentro del contenedor, por vaciado o por remolque del contenedor. Este método es usado cuando: no se desea depender del

horario del recolector, el servicio cuenta con un vehículo equipado para el vaciado mecánico o remolque del contenedor, y/o cuando las vías de acceso a las colonias dificulta el paso a los vehículos de recolección.

Transferencia

Es la acción de transferir los residuos sólidos de las unidades vehiculares de recolección, a las unidades vehiculares de transferencia, con el propósito de transportar una mayor cantidad de los mismos a un menor costo, con lo cual se logra incrementar la eficiencia global del sistema de recolección. Esta etapa, a su vez, tiene como propósito reducir los grandes recorridos de los vehículos recolectores y con ello los tiempos no productivos. Dichos vehículos de transferencia transportan los residuos a las plantas de selección o sitios de disposición final, (Estación de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas, SEDESOL, 1997).

Las estaciones de transferencia son variables en forma, pero en esencia es un edificio en el cual a base de rampas se logra que los camiones recolectores queden en un nivel superior al de los vehículos de mayor capacidad, pudiendo de esta manera descargar por gravedad su contenido al interior de los mismos. El tamaño de la estación, el número de vehículos de transferencia que puedan ser cargados simultáneamente y la cantidad de recolectores que puedan descargar, van de acuerdo a las necesidades y soluciones del proyecto de cada estación.

Con la operación del sistema de transferencia se incrementa la eficiencia del sistema de recolección, disminuyendo costos y se evita la contaminación atmosférica al disminuir el número de vehículos que asisten al sitio de disposición final.

Tratamiento

El tratamiento de los residuos sólidos urbanos puede incluir procesos biológicos, físicos, químicos o térmicos, incluida la separación; cuyo objetivo principal es cambiar las características de los residuos para reducir su volumen o peligrosidad, facilitar su manipulación o incrementar su valorización.

El proceso de elaboración de composta, es un tratamiento biológico el cual produce un material estable que resulta de la descomposición de la materia orgánica. Es un abono orgánico que posee un balanceado contenido de nutrientes, microorganismos y minerales, que se obtiene por la transformación biológica controlada de la fracción orgánica de los residuos urbanos, vegetales y animales.

El tratamiento térmico, incluye la incineración, la pirólisis y la gasificación. Cuando se habla de incineración implica la combustión de residuos sólidos urbanos a altas temperaturas, convierte la basura en calor, emisiones gaseosas y ceniza residual sólida. La

incineración se realiza tanto a pequeña escala, como para una escala mayor (industria). Es reconocida como un método práctico de eliminar ciertos materiales de desecho peligrosos como por ejemplo los desechos biológicos de los hospitales, (INE, 2001).

La pirólisis y la gasificación son dos formas de tratamiento térmico en las que los residuos se calientan a altas temperaturas con una cantidad de oxígeno limitada, en un contenedor sellado a alta presión. Convertir el material en energía es más eficiente que la incineración directa ya que se genera energía que puede recuperarse y usarse, mucha más que en la combustión simple, la pirólisis de los residuos sólidos convierte el material en productos sólidos, líquidos y gaseosos; el aceite líquido y el gas pueden ser quemados para producir energía o refinado en otros productos, el residuo sólido puede ser refinado en otros productos como el carbón activado, (GTZ, 2005).

La gasificación es usada para convertir materiales orgánicos directamente en un gas sintético formado por monóxido de carbono e hidrógeno. El gas se puede quemar directamente para producir vapor o en un motor térmico para producir electricidad. La gasificación se emplea en centrales eléctricas de biomasa para producir la energía renovable y calor, (FEMISCA, 2007).

La separación de materiales puede realizarse en plantas de selección de materiales dentro de las estaciones de transferencia o del relleno sanitario, dentro de estas plantas un porcentaje de los RSU que llega a ellas es separado para reincorporarse a la actividad productiva o re-uso de materiales, la otra fracción de residuos se va como rechazo a los sitios de disposición final.

No se debe perder de vista que el objetivo principal de aplicar alguno de estos tratamientos a los RSU generados en una determinada localidad es la disminución del volumen a confinar en el relleno sanitario y de esta forma incrementar su vida útil. Disminuir la actividad biológica de la fracción orgánica de los residuos disminuye además las emisiones de biogás, la concentración de contaminantes en los lixiviados y en su caso la cantidad de residuos que se tendrían que incinerar.

Disposición Final

El relleno sanitario es una técnica para la disposición final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé y controla los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica. (FEMISCA, 2008)

Todo sitio que se destine para ser utilizado como relleno sanitario para disposición final de residuos sólidos, debe cumplir las siguientes condiciones:

- Contar con la preparación adecuada que no permita la filtración de los contaminantes generados en toda época del año.
- Ser de fácil acceso para cualquier tipo de vehículo o recolector que se utilice en toda época del año.
- Estar de acuerdo con la planeación y el uso del suelo donde se localice.
- Permitir su utilización a largo plazo (de preferencia superior a 10 años).
- Tener condiciones naturales que protejan los recursos naturales, la vida animal y vegetal en sus alrededores.
- Ofrecer una cantidad adecuada de material de cubierta dentro de las cercanías del sitio. La arcilla para cobertura debe ser trabajable, compactable, de la graduación especificada y de la calidad apropiada.

Los residuos sólidos conforman un ciclo, con varias etapas del manejo de los mismos y definen el ámbito de competencia de la población y las autoridades.

Para poder estudiar la factibilidad de la construcción de una estación de transferencia que preste servicio a los municipios de Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, se requiere contar con toda la información necesaria que permita proyectar y planear de manera adecuada la capacidad y características de las instalaciones.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el año 2005 realizó los estudios de generación de las cabeceras municipales de Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, así como de la localidad El Paraíso, perteneciente al municipio de Atoyac de Álvarez, al mismo tiempo que se realizaron los estudios de generación se elaboraron los estudios diagnóstico del manejo de residuos sólidos urbanos.

En dichos estudios, se recopiló la información necesaria para poder determinar la situación actual del manejo de residuos en estos municipios, como por ejemplo, número de habitantes, nivel socioeconómico, producción y características de los residuos, generación per cápita, método de almacenamiento, servicio de recolección, sistema de disposición, sistema vial y zonificación, elementos económicos financieros etc.

La información que se recopiló se basó en la normatividad federal y local existentes, toda la legislación pertinente debe ser recopilada y estudiada para evitar incurrir en infracciones, tomar en cuenta la normatividad es fundamental ya que ésta influye directamente en el planteamiento y diseño de la estación de transferencia así como en su construcción en general.

Marco Jurídico

Nivel Federal

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el artículo 115, fracción III, define al servicio de limpia, como un servicio público municipal, de la misma manera señala que los municipios de un mismo estado, previo acuerdo entre sus ayuntamientos y con sujeción a la ley, podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos que les corresponda.

LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente)

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 28 de enero de 1988, con su última reforma publicada en julio de 2007 es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico; así como, a la protección del ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Es explícita en su artículo 137 al señalar que, queda sujeto a la autorización de los Municipios o del Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.

REGLAMENTO DE LA LGEEPA (Reglamento de la Ley General del Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental)

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000, el reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Las Entidades Federativas y los Municipios deben aplicar en lo que corresponde a las materias de competencia federal que cuyo control asuma conforme a lo previsto en la Ley.

LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos)

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos (LGPGIRS), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, es una ley reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. En ella se establecen las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos. Además se establecen los mecanismos de coordinación que, en materia de prevención de

la generación, la valorización y la gestión integral de residuos, corresponden a la Federación, las entidades federativas y los municipios

REGLAMENTO DE LA LGPGIR (Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos)

Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre del 2006), rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción y tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Nivel Estatal

En el nivel estatal se encuentra la Constitución Política del Estado, en la parte dedicada al municipio libre, estipula que las leyes orgánicas municipales determinarán los servicios públicos que serán competencia de la administración municipal, siendo éstos los mismos que establece la fracción III del artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Guerrero

Parte importante para este estudio es la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero, la cual fue publicada en el diario oficial del gobierno del estado el 19 de marzo de 1991 y tiene como objeto regular las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en el Estado de Guerrero en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, así como la planeación y política ecológica y la regulación de los instrumentos para su aplicación, la protección al ambiente, mediante la prevención y control de la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo, que sean de la competencia del Estado.

Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero en materia de Impacto Ambiental.

Publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado el 22 de abril de 1994, rige en todo el territorio del Estado de Guerrero y tiene por objeto reglamentar la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en lo que se refiere al Impacto Ambiental. y sus aplicación compete al Ejecutivo Estatal, por conducto de la Secretaría de Planeación y Presupuesto y Desarrollo Urbano. Las autoridades Municipales, podrán participar en coordinación con las autoridades Estatales en la aplicación del presente Reglamento para la atención de asuntos de competencia Estatal, en los términos de los instrumentos de coordinación correspondientes, así como la participación corresponsable de la Sociedad Civil.

Nivel Municipal

En este ámbito de gobierno a la fecha no se cuenta con instrumentos jurídicos que normen y regulen las acciones sobre residuos sólidos, no obstante, algunos Estados de la República han incorporado en sus leyes orgánicas municipales y en sus reglamentos de Bando de Policía y Buen Gobierno, atribuciones a los ayuntamientos para emprender acciones enfocadas a servicios públicos en materia de residuos sólidos.

Se incluye a continuación un listado de los bandos y reglamentos de los municipios de Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana.

Atoyac de Álvarez

Bando de Policía y Buen Gobierno
Reglamento del Ayuntamiento Municipal
Reglamentos de Mercados
Reglamentos de Policías
Reglamentos de Limpia
Reglamentos de Panteones
Reglamentos de Salud Pública.

Benito Juárez

Reglamento Interno del Ayuntamiento.
Bando de Policía y Buen Gobierno.
Reglamento de Mercados.
Reglamento de Salud.
Reglamento Interno de Programación, Presupuesto y Control.
Reglamento de Licencias
Reglamento de Civilización y Uso del Suelo.
Reglamento de Construcción.

Tecpan de Galeana

Bando de Policía y Buen Gobierno
Reglamento Interior del Ayuntamiento

Normas Oficiales Mexicanas.

Con relación a la disposición final se tiene la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Con relación al diagnóstico del manejo de residuos sólidos se dispone de las siguientes normas mexicanas:

- Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Protección al Medio Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo.
- Norma Mexicana NMX-AA-19-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico "IN SITU".
- Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos.
- Norma Mexicana NMX-AA-61-1985, Protección Al Ambiente-Contaminación Del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de Generación.

Todos los datos y la información recabada en el estudio diagnóstico elaborado por la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNAM se obtuvieron con base en la normatividad mencionada. Se describe a continuación el procedimiento para la determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domésticos.

A continuación se muestra una recopilación de los estudios de diagnóstico del manejo de RSU obtenidos por la FI destacando los datos y cifras más relevantes para cada municipio.

Descripción y diagnóstico del manejo integral de los RSU en la zona de estudio

Atoyac de Álvarez

La cabecera municipal de Atoyac de Álvarez, no cuenta actualmente con un manejo integral de residuos sólidos, debido a esta situación se han generado impactos adversos al ambiente y a la salud humana.

Para conocer de manera concreta el manejo actual de los residuos sólidos y de qué forma este manejo afecta adversamente al ambiente y a la población se realizó el diagnóstico que se presenta a continuación.

Generación

La generación de residuos sólidos en el municipio de Atoyac de Álvarez es de 0.552 kg/hab/día, de acuerdo a lo establecido en la norma NMX-AA-61-1985, se realizó un muestreo en la población a analizar, en este caso la cabecera municipal de Atoyac, Gro.

La generación promedio y los datos estadísticos más relevantes que a continuación se presentan, se obtuvieron mediante el estudio de generación realizado por la Facultad de Ingeniería en la zona de estudio en el año 2006: (UNAM, 2006)

Generación media: 0.552 kg/hab/día
Mediana: 0.481 kg/hab/día
Moda: 0.312 kg/hab/día
Desviación estándar: 0.313681 kg/hab/día
Varianza: 0.098396

Los porcentajes promedio de los subproductos se obtuvieron según la norma NMX-AA-22-1985, es importante realizar la clasificación de los subproductos generados por la población pues así se podrán identificar rápidamente los materiales sujetos a tratamiento, reúso o reciclaje.

La información recabada en el estudio diagnóstico es fundamental para proponer un plan de manejo de reducción en la fuente de generación y mediante un estudio de mercado ó análisis de demanda evaluar la factibilidad económica. Estas medidas requerirán de una campaña de difusión por parte del municipio o de los particulares hacia la población para que se muestre participativa y el plan de manejo resulte exitoso.

En la tabla 2.1 se muestra la clasificación de los subproductos de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Atoyac de Álvarez obtenida en el estudio de diagnóstico, realizado en el año 2006, se debe hacer mención que el estudio se realizó en la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez, tomando en cuenta las recomendaciones que nos indica la normatividad correspondiente.

De los datos obtenidos en la tabla 2.1 se obtuvo la grafica que se muestra en la figura 2.1 en donde se puede observar que los residuos de jardín constituyen casi el 39% de la generación total, y el 24% residuos alimenticios; a los que se sugiere someter a un tratamiento biológico, seguidos en porcentaje de generación se encuentra el PET con 2.11 %, el polietileno de baja densidad con 3.1 %, el cartón con 2.01 % y el polietileno de alta densidad con un 1.7 %, estos datos son relevantes pues con ello se pueden conocer los productos que son susceptibles de aprovechamiento, tratamiento o que pueden ser reciclados o reutilizados.

Tabla 2.1 Clasificación de subproductos y porcentaje en peso para el municipio de Atoyac de Álvarez

Subproductos	% en peso
Algodón	0.01
Cartón	2.01
Cartón encerado	1.68
Cloruro de polivinilo	0.00
Cuero	0.38
Hueso de animal	0.02
Hule	0.88
Lata de aluminio	0.00
Lata de otros metales	0.63
Loza y cerámica	0.13
Madera	0.31
Material de construcción	0.08
Material ferroso	0.52
Material no ferroso	0.31
Materiales peligrosos	0.11
Otros	0.06
Pañal desechables y toallas	8.74
Papel de impresión	0.83
Papel de revista	1.00
Papel sanitario	2.16
Periódico	0.33
PET	2.11
Unicel	0.23
Polietileno de alta densidad	1.70
Polietileno de baja densidad	3.10
Plásticos varios	2.69
Residuo fino	3.33
Residuos alimenticios	23.65
Residuos de jardín	38.77
Semilla y cáscara dura	0.00
Tetrapack	0.51
Trapo	1.06
Vidrio de color	0.06
Vidrio transparente	2.12
Cera	0.04
Residuos especiales	0.24
Peligrosos	0.04
Pajilla	0.03
Plastilina	0.01
Plumas	0.12
Total	100.00

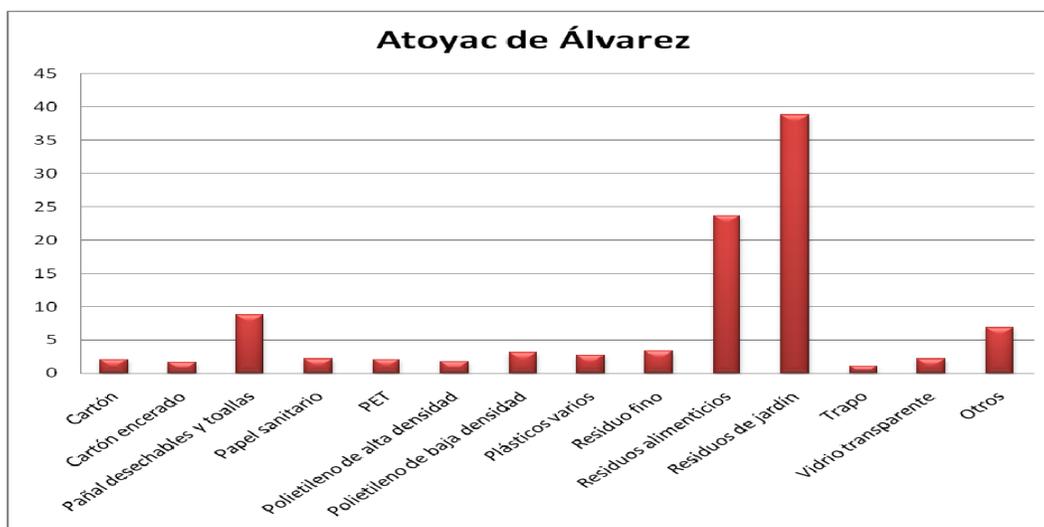


Figura 2.1 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en el municipio Atoyac de Álvarez

Como resultado del análisis que se realizó con base en la norma NMX-A-19-1985 se obtuvo el peso volumétrico de los residuos, el cual es de 128 kg/m³.

Se estima que la generación total de residuos sólidos en el municipio es de 34.078 ton/día, cálculo que se realizó con una población total de 61,736 habitantes de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2005). En la tabla 2.2 se muestra el cálculo de la generación de residuos en el municipio considerando su generación per cápita.

Tabla 2.2 Cálculo de la generación de residuos en toneladas por día Atoyac de Álvarez

Generación 2008		
Población	(hab)	61, 736
Generación Per-Cápita	(Kg/hab/día)	0.552
Generación total	(Ton/día)	34.078

La cobertura del servicio según encuestas levantadas al realizar el estudio diagnóstico es del 62.17%. El cálculo de cobertura que se obtiene a partir del análisis de datos del total de la población del municipio y la población que será atendida por el servicio de recolección en las cinco principales poblaciones generadoras de residuos sólidos del municipio de Atoyac de Álvarez, es del 49.91 %, En la tabla 2.3 se muestra el cálculo del porcentaje de cobertura.

Tabla 2.3 Cálculo de porcentaje de cobertura de servicio Atoyac de Álvarez

Poblaciones Principales	Habitantes	% Cobertura
Atoyac	18, 561	30.07%
Paraíso	4,449	7.20%
Ticui	2,975	4.82%
Zacualpan	2,452	3.97%
Cacalotla	2,393	3.88%
Cobertura Máxima		49.91%

Almacenamiento

El almacenamiento in situ de los residuos sólidos municipales en la mayoría de las casas habitación de la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez suelen realizarse en bolsas plásticas, botes sin tapa, botes con tapa y costallitas, cajas de madera, cajas de cartón.

En las calles y vías públicas de Atoyac se cuenta con 19 contenedores públicos ubicados en puntos estratégicos de la ciudad. Los mismos tienen el propósito de almacenar los residuos sólidos producidos por la población, tales residuos son llevados y colocados por dichos contenedores, siendo ésta una de las opciones preferidas por la población para disponer sus residuos cuando el camión recolector no pasa con frecuencia. Existen dos unidades encargadas de recogerlos.

Barrido

En la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez sólo se cuenta con el servicio de barrido por parte del personal encargado de limpiar en la plaza central y en calles muy céntricas. De los habitantes involucrados en el estudio diagnóstico el 100% dijo que ellos mismos barrían los frentes de sus casas y parte de su calle, por lo general con frecuencia diaria, lo que permite hasta cierto punto mantener las zonas residenciales limpias.

Recolección

El servicio de recolección de la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez se lleva a cabo con tres camiones recolectores de 18 m³ de capacidad conjunta y dos unidades encargadas de recolectar los residuos de los 19 contenedores esparcidos por la localidad.

El método de recolección utilizado en la mayoría de las colonias de la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez es el “método de parada fija”, en el que el camión recolector se estaciona en un punto fijo y los habitantes de las casas de alrededor van y depositan sus residuos en la caja del camión con ayuda de los trabajadores de limpieza.

El servicio de recolección es prestado por una cuadrilla en cada camión, la misma compuesta por un chofer y dos ayudantes, y en el caso de la recolección de los 19 contenedores públicos, la cuadrilla está formada por un chofer y un ayudante.

El horario del servicio de los camiones de volteo es de 8:00am a 4:00pm, y el de las camionetas recolectoras de los contenedores de 6:00am a 8:00pm.

Debido a la baja frecuencia de recolección el 89.6% de la población busca otras alternativas para deshacerse de sus residuos, el 23.9% quema sus residuos y el 10.4% dispone en tiraderos clandestinos, como se observa en la figura 2.2, si la recolección de residuos es insuficiente, propicia que los habitantes de la localidad dispongan inadecuadamente de sus residuos originando contaminación atmosférica, malos olores y fauna nociva.

Desafortunadamente en los municipios que abarca la zona de estudio, es muy común que la población disponga de sus residuos en tiraderos improvisados, a cielo abierto y que haga quema de los mismos en los patios traseros de sus casas.



Figura 2.2 Disposición inadecuada de residuos sólidos en las vialidades de Atoyac de Álvarez

Fuente: Archivos generados por el equipo de trabajo de la facultad de ingeniería

Transporte

El servicio de recolección de la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez cuenta con los siguientes vehículos para efectuar el traslado de sus residuos hasta el tiradero a cielo abierto:

- Tres camiones de volteo para la recolección de residuos
- Un camión marca DINA, mod. 1993, con capacidad de 6 m³
- Un camión marca DODGE, mod. 1993, con capacidad de 6 m³
- Un camión marca MERCEDES BENZ, mod. 1995, con capacidad de 6 m³
- Dos unidades para la recolección de los 19 contenedores públicos que sirven a toda la localidad

Es con estos recursos que la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez recolecta los residuos generados.

Reúso y reciclaje

En la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez el reúso, reciclaje ó tratamiento de residuos como actividad formal y organizada no es común y escasamente se realizan esfuerzos para reciclar o reusar algunos materiales.

Entre los esfuerzos realizados por la localidad como programas de reúso y reciclaje se encuentran:

- Centro de acopio de botellas de Polietileno Teraftalato (PET) principalmente, aunque también de botellas y utensilios de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Este centro es manejado por un particular en su domicilio.
- Centro de acopio de latas de aluminio, hierro. Este centro es manejado por un particular en su tienda de alimentos Este material es llevado por particulares a los que se les compra.
- Programa de acopio de botellas de PET para reusarlas en un método de prevención y control de la broca del café.
- Acopio de botellas de PET por particulares para reusarlas llenándolas de miel, limpiador líquido o algún otro producto, para ser vendido.
- Acopio de materiales (PET, PEAD, latas de aluminio, material ferroso, papel, cartón y vidrio) por particulares que pepenan en el tiradero de la localidad.
- Planta casera de composta manejada por particulares en la que usan restos de comida, de poda de árboles, cascarilla de café, excremento de animales, entre otros materiales para la realización de composta.
- Plantas de composta de productores de café.

Ciertamente puede notarse que estos esfuerzos son en su totalidad hechos por particulares que por diferentes razones han incursionado en el acopio de algunos materiales para revenderlos, reusarlos o reciclarlos.

Tratamiento

En Atoyac el servicio público de limpia no le da ningún tratamiento a los residuos sólidos, pero la población sí, ya que es común que muchos quemen sus residuos (tratamiento térmico). Además, se observaron casos muy aislados de personas que realizan composta (tratamiento biológico).

En el tiradero de la localidad también son quemados los residuos dispuestos, pero esta quema la hacen clandestinamente particulares con el fin de facilitar su acopio de metales o bien en ocasiones se origina espontáneamente.

Disposición final

La cabecera municipal de Atoyac cuenta con un tiradero para la localidad, donde son depositados los residuos recolectados por el servicio de limpia.

Este tiradero, de capacidad desconocida por el municipio, no cumple con la NOM-083-SEMARNAT-2003 relativa a los sitios de disposición final, pues presenta una serie de irregularidades, entre las que se encuentran:

- El tiradero no cuenta con sistemas de recolección y/o tratamiento de lixiviados y gases generados por la descomposición de los desechos.
- El lugar no cuenta con bardas en todo el perímetro que controlen el transporte de residuos en el aire
- No hay una vigilancia eficiente para evitar que se quemen los residuos confinados
- No se tiene ningún control para prevenir accidentes o daños a la salud de los pepenadores del lugar
- Los residuos peligrosos son confinados en las mismas celdas que los municipales

Actualmente, la disposición final no sólo se realiza en este tiradero, muchas personas disponen clandestinamente sus desechos en terrenos baldíos, barrancas, cañadas o el río mismo.

Problemática identificada

Con base en la información obtenida en el estudio diagnóstico en la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez, se observa una inadecuada capacidad de almacenamiento de residuos sólidos dentro y fuera de las casas y comercios, además la frecuencia de recolección de los residuos es muy baja; por estas razones, la mayoría de los habitantes desechan sus residuos en lugares no aptos como ríos y cañadas, ó buscan alternativas para deshacerse de su basura (quema inmoderada de los residuos, disposición de los mismos en el río y suelo). Como consecuencia de esto es que se originan tiraderos

clandestinos, lo que ocasiona la contaminación del aire, suelo y daños a la salud de los habitantes.

Un factor importante en la deficiencia del manejo de residuos es que el camino que lleva al tiradero se encuentra en mal estado, lo cual, por una parte propicia el desgaste de los vehículos de recolección y por otra incrementa el tiempo de transporte requerido para el traslado de los residuos y por lo tanto aumenta también el costo.

La disposición final de los residuos de Atoyac se realiza sin ningún control sanitario, lo que origina una serie de impactos negativos para los habitantes y el ambiente. Algunos de los que se han originado han sido la alteración del paisaje, proliferación de plagas para el ser humano, filtración de lixiviados en el suelo (lo que contamina los mantos freáticos subterráneos) la contaminación de cuerpos de agua superficiales por el escurrimiento de lixiviados y la emisión de gases perjudiciales para la salud humana y el ambiente, gracias a la descomposición de los residuos o la quema de los mismos.

El Paraíso

El municipio El Paraíso es la segunda población más grande del municipio de Atoyac de Álvarez, en el XII Censo General de Población y Vivienda el INEGI (2005) reportó una población de 4,499 habitantes, sin embargo las autoridades de la localidad manejan una cifra de 12,000 habitantes a la fecha, razón por la que en este municipio se consideró la importancia de realizar un estudio diagnóstico que permitiera tener un panorama más claro y general del manejo de residuos sólidos en Atoyac de Álvarez.

Generación

La generación obtenida en el municipio El Paraíso es de 0.438 kg/hab/día y los datos estadísticos más relevantes del estudio de generación son los siguientes: (UNAM, 2006)

Generación media: 0.438 kg/hab/día

Mediana: 0.400 kg/hab/día

Moda: 0.314 kg/hab/día

Desviación estándar: 0.194 kg/hab/día

Varianza: 0.038

En la tabla 2.4 se muestran los porcentajes promedio de los subproductos obtenidos según la norma NMX-AA-22-1985, en donde se puede ver que impera residuos de jardín y residuos de alimentos, cabe mencionar que el pañal desechable y las toallas sanitarias son generadas en un porcentaje importante seguidas del vidrio transparente así como de los plásticos varios.

Tabla 2.4 Clasificación de subproductos y porcentaje en peso “El Paraíso”

Subproducto	% en peso
Algodón	0.133
Cartón	2.512
Cartón encerado	0.437
Cloruro de polivinilo	0.076
Cuero	0.063
Hueso de animal	0.504
Hule	1.229
Lata de aluminio	0.415
Lata de otros metales	0.721
Loza y Cerámica	0.809
Madera	0.658
Material de construcción	2.689
Material ferroso	0.164
Material no ferroso	0.462
Materiales peligrosos	0.169
Otros (cera y ceniza)	0.287
Pañal y toallas sanitarias	9.786
Papel aluminizado	0.320
Papel de impresión	1.133
Papel de revista	0.121
Papel encerado	0.504
Papel sanitario	2.060
Periódico	0.252
PET (1)	2.107
Plásticos varios (otros)	3.885
Polietileno de alta densidad	1.700
Polietileno de baja densidad	1.139
Residuo fino	0.119
Residuos alimenticios	19.533
Residuos de jardín	39.158
Residuos especiales	0.394
Semilla y cáscara dura (Fibra vegetal)	0.011
Tetrapack	0.556
Trapo (natural y sintético)	1.415
Unicel	0.132
Vidrio de color	0.000
Vidrio transparente	4.348
TOTAL	100

El estudio de generación se realizó en esta localidad pues es la más importante seguida de la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez, como se puede observar la fracción orgánica

de residuos es la que cuenta con un mayor porcentaje de generación, por otra parte, es importante tomar en cuenta que el aprovechamiento de subproductos inorgánicos se encuentra limitado debido a las características socioeconómicas.

De los datos obtenidos en la tabla 2.4 se puede observar que los residuos de jardín constituyen casi el 40% de la generación total, y el 20% de residuos alimenticios, lo que indica que en su mayoría la población genera residuos de tipo orgánico de fácil degradación con lo que se puede pensar en alternativas como el tratamiento biológico (composta) con el fin de reducir la cantidad de RSM que llegarían al sitio de disposición final, en la figura 2.3 se aprecian los productos susceptibles de ser valorizados.

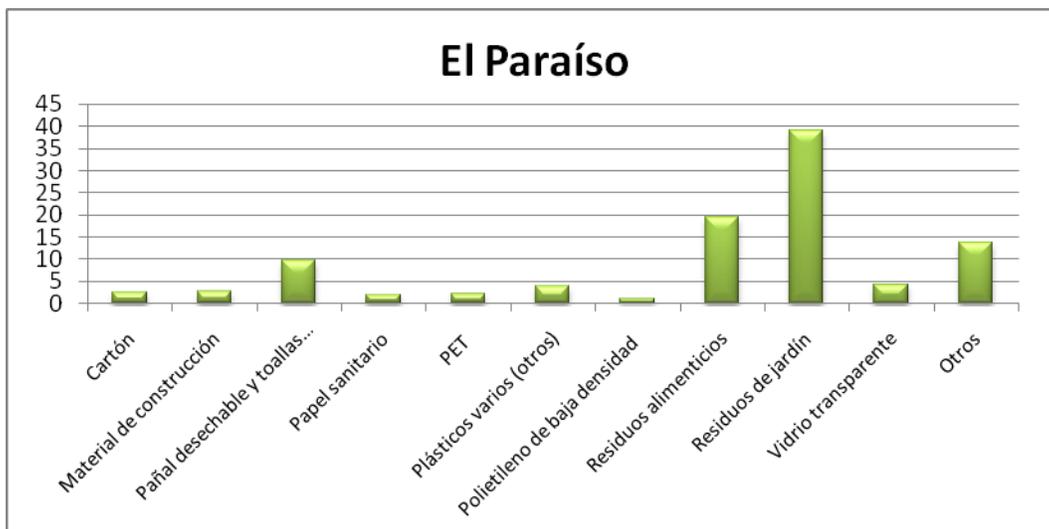


Figura 2.3 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en la localidad "El Paraíso"

Como resultado del análisis que se realizó con base en la norma NMX-A-19-1985 se obtuvo el peso volumétrico de los residuos el cual es de 86.4 kg/m³.

Se estima que la generación total de residuos sólidos en el municipio es de 5.25 ton/día.

Almacenamiento

El almacenamiento in situ de los residuos sólidos municipales en la mayoría de las casas habitación de "El Paraíso" suelen ser: botes de plástico sin tapa de capacidades menores a 20 litros, botes de manteca, botes de pintura para exteriores o bandejas, los cuales resultan ser de insuficiente capacidad y poco estéticos; también se recurre al uso frecuente de costalillas o cajas de madera, las cuales además de ser de baja capacidad de

almacenamiento, su material no es apropiado para resistir la humedad de los residuos y del ambiente lluvioso.

Barrido

El Paraíso no cuenta con el servicio público de barrido por parte del servicio de limpia, sin embargo, todas las personas involucradas en el estudio de generación expresaron que ellos mismos barrían los frentes de sus casas y parte de su calle, por lo general con frecuencia diaria, lo cual permite mantener limpias las zonas habitacionales.

Recolección

El transporte utilizado para prestar el servicio de recolección en “El Paraíso” es un vehículo recolector provisto de una camioneta “Ford 1993 (F-350XL)” y una caja metálica con capacidad de 3 Ton, para el almacenamiento temporal de los residuos, el vehículo está provisto de un sistema de compactación hidráulico, el cual cumple las funciones de reducir el volumen los residuos en el interior de la caja y de descargar los residuos al sitio de disposición.

El método de recolección utilizado en las colonias del Paraíso es el “método de parada fija”, el servicio es prestado actualmente por un chofer y un ayudante. el servicio se presta con una frecuencia mínima de 1 vez por semana y máxima de 2 veces por semana (cada tercer día). El horario del servicio es de 8am a 6pm aproximadamente.

Transporte

La camioneta de recolección realiza 3 viajes por día de recolección al sitio de disposición de los residuos, en el que cada viaje dura alrededor de 1.5 h, el camino es de terracería con curvas y pendientes pronunciadas y tramos frecuentes con vialidad accidentada, lo cual propicia el desgaste y mal funcionamiento del vehículo recolector.

Reúso y reciclaje

En la localidad de “El Paraíso” al igual que en la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez el reúso y reciclaje no se practica como actividad formal y organizada, escasamente se realizan esfuerzos para reciclar o reusar algunos materiales.

Entre los esfuerzos de reúso y reciclaje puestos en marcha en la localidad se encuentran:

- Acopio de latas de aluminio y materiales ferrosos por particulares que recolectan de manera individual dos veces al mes.

- Acopio de botellas de PET por particulares para reusarlas llenándolas de miel, limpiador líquido o algún otro producto, para ser vendido.
- Elaboración de composta casera por particulares, para la fertilización de sus suelos de cultivo y en la que usan restos de comida, de poda de árboles, cascarilla de café y excremento de animales.

Estas actividades son esfuerzos realizados por particulares.

Tratamiento

En “El Paraíso” el servicio público de limpia no le da ningún tratamiento a los residuos sólidos, pero la población sí, ya que es común que los habitantes quemen sus residuos (tratamiento térmico). Además, se observaron casos muy aislados de personas que realizan composta (tratamiento biológico).

En el tiradero de la localidad también son quemados los residuos dispuestos, pero esta quema la hacen clandestinamente particulares con el fin de facilitar el acopio de metales.

Disposición final

Los habitantes del municipio El Paraíso desechan sus residuos comúnmente en un tiradero a cielo abierto, en una de las barrancas que se encuentran en la carretera rumbo a la localidad de “Las Delicias”. A unos cuantos metros debajo de tal tiradero se encuentran otros dos sitios similares pero de menores dimensiones.

El tiradero, de a cielo abierto y de capacidad desconocida por la localidad y el propio municipio, no cumple con ninguna de los lineamientos que exige la normatividad mexicana para la disposición de los residuos sólidos y presenta una serie de irregularidades, entre las que se encuentran:

Estar ubicado a unos cuantos metros de un “ojo de agua” que da nacimiento a una vertiente de agua pura del Río Atoyac.

Estar ubicado en una barranca sobre la montaña con vasta vegetación y fauna silvestre.

Los residuos al ser dispuestos en la barranca caen por gravedad, sin ser contenidos de forma alguna, por lo que los residuos son dispersos varios metros corriente abajo, contaminando el ecosistema circunvecino.

Los residuos peligrosos y residuos especiales, generados en las casas habitación, son desechados de manera mezclada con los residuos sólidos municipales, sin control alguno.

La disposición final no sólo se realiza en este tiradero, muchas personas disponen clandestinamente sus desechos en terrenos baldíos, barrancas, y en los 4 arroyos pertenecientes al Río Atoyac que atraviesan la localidad.

Problemática identificada

El municipio no cuenta con recursos suficientes para proporcionar a la población un adecuado manejo en el servicio de recolección y almacenamiento, pues no existen contenedores en las calles, no cuentan con servicio de barrido. Esto, origina que los habitantes realicen un inadecuado manejo de residuos dentro y fuera de las casas, por ejemplo, al no encontrar un contenedor disponible disponen los residuos sólidos en las calles, lotes baldíos, arroyos, el río o en su defecto los queman mezclados

descontroladamente en forma inmoderada, sin pensar en el deterioro que provocan al medio ambiente.

El reúso y reciclaje es muy limitado y se realiza de forma particular y escasa, esto hace que la mayoría de materiales reaprovechables, como vidrio, papel, cartón, textiles, plásticos, madera, etc. se dispongan en el tiradero, lo cual reduce la vida útil de materiales y recursos naturales

El sitio de disposición final, por otro lado, no cumple con ningún requerimiento que exige la normatividad federal y local, lo que origina la contaminación tanto del suelo, ríos, fauna y flora aledaña a los sitios de disposición de residuo.

Benito Juárez

En el municipio de Benito Juárez se realizó un estudio diagnóstico del manejo de residuos sólidos municipales, la cabecera municipal de Benito Juárez, San Jerónimo se encuentra localizado al suroeste de Chilpancingo, limita al norte con Atoyac de Álvarez; al sur con el océano Pacífico; al este con Coyuca de Benítez y al oeste con Tecpan de Galeana.

Generación

La cantidad de residuos que genera el municipio de Benito Juárez es de 0.550 kg/hab/día y los datos estadísticos más relevantes que se obtuvieron del estudio de generación realizado por la Facultad de Ingeniería, son los siguientes: (UNAM, 2006)

Generación media: 0.550 kg/hab/día

Mediana: 0.496 kg/hab/día

Moda: 0.511 kg/hab/día

Desviación estándar: 0.316

Varianza: 0.0999

Los porcentajes promedio de los subproductos obtenidos según la norma NMX-AA-22-1985 se muestra en la tabla 2.5, el conocer estos porcentajes permite identificar aquellos productos que sean susceptibles de recibir algún tipo de reúso o reciclaje. Además de pueden identificar aquellos subproductos que pudieran tener algún tratamiento.

De los datos obtenidos en la tabla 2.5 se observa que los residuos de jardín constituyen casi el 31% de la generación total, y el 28% son residuos alimenticios. En la figura 2.4 se muestra una gráfica de los subproductos con mayor abundancia con el fin de poder identificar a aquellos susceptibles de tener un aprovechamiento.

Tabla 2.5 Clasificación de subproductos en peso y porcentaje Benito Juárez

Subproductos	% en peso
Algodón	0.04
Cartón	2.62
Cartón encerado	0.70
Cloruro de polivinilo	0.00
Cuero	0.25
Hueso de animal	0.99
Hule	0.29
Lata de aluminio	0.05
Lata de otros metales	0.98
Loza y cerámica	0.49
Madera	0.59
Material de construcción	1.58
Material ferroso	0.40
Material no ferroso	0.74
Materiales peligrosos	0.11
Otros	1.91
Pañal desechables y toallas	2.43
Papel de impresión	0.89
Papel de revista	0.39
Papel sanitario	3.50
Periódico	0.50
PET	3.75
Unicel	0.52
Polietileno de alta densidad	1.02
Polietileno de baja densidad	3.91
Plásticos varios	4.13
Residuo fino	0.13
Residuos alimenticios	28.00
Residuos de jardín	30.96
Semilla y cáscara dura	0.00
Tetrapack	0.66
Trapo	2.56
Vidrio de color	0.41
Vidrio transparente	3.26
Cera	0.12
Residuos especiales	0.11
Papeles varios	1.02
Total	100.00

Como resultado del análisis que se realizó en base a la norma NMX-A-19-1985 se obtuvo el peso volumétrico de los residuos el cual es de 97.47 kg/m³ en la figura 2.4 se muestran los residuos susceptibles de ser valorizados.

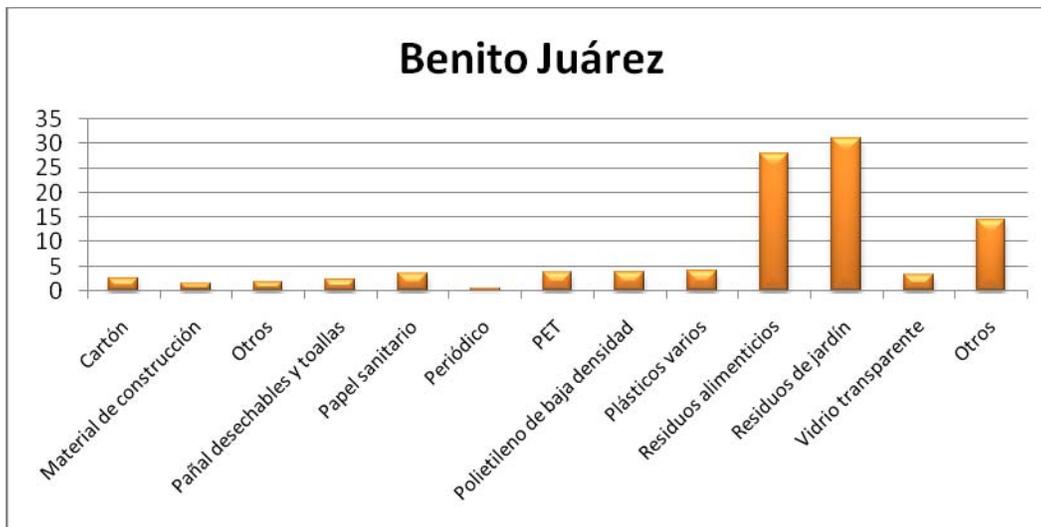


Figura 2.4 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en el municipio Atoyac de Álvarez

Se estima que la generación total de residuos sólidos que se genera en el municipio es de 8.496 ton/día. Dado que se cuenta con una población total de 15,448 habitantes de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda (INEGI, 2005). En la tabla 2.6 se muestra el cálculo de la generación total en toneladas día del municipio Benito Juárez.

Tabla 2.6 Cálculo de la generación de residuos en toneladas por día Benito Juárez

Generación 2008		
Población	(hab)	15, 448
Generación Per-Cápita	(Kg/hab/día)	0.550
Generación total	(Ton/día)	8.496

La cobertura del servicio se estima en un 86.73% la cual se obtuvo a partir del análisis de datos del total de la población del municipio y la población que es atendida por el servicio de recolección en las cinco principales poblaciones generadoras de residuos sólidos del municipio de Benito Juárez, En la tabla 2.7 se muestra el cálculo del porcentaje de cobertura.

Tabla 2.7 Cálculo del porcentaje de cobertura Benito Juárez

Poblaciones Principales	Habitantes	% Cobertura
San Jerónimo	6,946	44.96%
Hacienda Cabañas	2,235	14.47%
Arenal de Álvarez	1,581	10.23%
Las tunas	1,490	9.65%
Arenal de Gómez	1,150	7.44%
Cobertura Máxima		86.73%

Benito Juárez es el municipio que presenta la mayor cobertura de recolección de residuos sólidos municipales de los tres municipios en estudio.

Almacenamiento

El almacenamiento de los residuos sólidos municipales se realiza en su mayoría en botes de plástico sin tapa de capacidades menores a 20 litros, botes de manteca, pintura para exteriores o bandejas, (los cuales resultan ser de capacidad insuficiente), y costalillas, entre otros. Generalmente es difícil de maniobrar por no tener agarraderas y no ser estables; esta misma situación se repite con las cajas de madera pues tienen una baja capacidad de almacenamiento y el material no es apropiado para resistir la humedad de los residuos.

En las calles y vías públicas no se cuenta con contenedores para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos, a excepción de la plaza central.

Barrido

El barrido por parte del municipio en San Jerónimo se realiza únicamente en la plaza central y el mercado municipal de lunes a sábado. En la mayoría de los casos, los particulares realizan el barrido en el frente de su casa y calle.

Recolección

San Jerónimo cuenta con rutas establecidas en las cuales se cubre el 80% de la población, el camión utilizado es un compactador Eco-2010 de carga trasera con capacidad de 15.29 m³ (20 yd³), debe dar seis viajes para dar servicio al total de la población. El método de recolección utilizado en las colonias de San Jerónimo es el método de acera o banqueta, es prestado por el operador del camión junto con dos macheteros, con jornadas laborales de lunes a sábados de 7:00 a 14:00 hrs.

Se debe considerar que se puede cubrir a la población usando otros métodos de recolección como sería el de contenedores para las zonas de difícil acceso.

En San Jerónimo se cuenta también con recolección privada, existe una camioneta que da el servicio a las personas que lo solicitan. Según lo expresado por la población esto sucede cuando el camión recolector no realiza el recorrido.

Transporte

El transporte utilizado para prestar el servicio de recolección en San Jerónimo es un vehículo recolector de carga trasera con compactación, modelo 2005. El camión recolector se encuentra en buenas condiciones y debido a que su modelo es reciente no se debe pensar en una renovación inmediata.

Una de las razones principales del desgaste de un equipo de recolección y transporte, además del mal uso por parte de los operadores, es el mal estado de los caminos que debe recorrer. En el caso de San Jerónimo el camino que une el tiradero con la población se encuentra en mal estado, lo que puede acelerar el desgaste del equipo.

Reúso y reciclaje

En la cabecera municipal de Benito Juárez la actividad de reciclaje y reúso no es una actividad formal, escasamente se realizan esfuerzos para reciclar o reusar algunos materiales. Los esfuerzos realizados son iniciativa de particulares que por diferentes razones han incursionado en el acopio de algunos materiales para revenderlos, reusarlos o reciclarlos

Un 8.8% de la población entrevistada realiza algún tipo de reúso o reciclaje de sus residuos, por lo general de manera inconsciente. Entre las actividades más comunes de reúso y reciclaje que se practica en la localidad son: el apartar los restos de alimentos para alimentar animales y la recolección de envases plásticos para la venta de miel o algunos limpiadores líquidos.

Tratamiento

En San Jerónimo el servicio público de limpia no le da ningún tratamiento a los residuos sólidos, pero la población sí, ya que es común que muchos quemen sus residuos (tratamiento térmico). Una cuarta parte de los habitantes admitió que cuando el camión recolector no pasa por su basura con frecuencia o por el simple hecho de reducir su volumen, queman sus residuos en su patio o en terrenos baldíos cercanos. En el tiradero de la localidad también son quemados los residuos dispuestos, esta quema la realiza el vigilante de la zona con el fin de reducir el volumen dispuesto, además de facilitar la separación de metales.

Disposición Final

La cabecera municipal de Benito Juárez cuenta con un tiradero para la localidad, donde son depositados los residuos recolectados por el servicio de limpia. De acuerdo con los datos obtenidos del municipio, el tiradero se encuentra cerca de su saturación, con una ocupación mayor al 90%. No se tiene ningún levantamiento del tiradero, sólo se estima que tiene una extensión de 4 hectáreas de las cuales, 2 hectáreas corresponden a terreno plano y 2 están en un cerro. El terreno es propiedad del H. Ayuntamiento, delimitado por un cerco perimetral de postes de madera y alambre de púas, accesible las 24 horas del día y los 365 días del año; está ubicado a 500 metros del límite de la mancha urbana de la cabecera municipal. En el tiradero hay acopio de materiales reciclables por dos o tres personas.

Este tiradero no cumple con la norma de construcción y operación de rellenos sanitarios, pues presenta una serie de irregularidades, entre las que se encuentran:

- Los residuos confinados no son compactados ni se realiza la cobertura de los mismos.
- El tiradero no cuenta con sistemas de recolección y/o tratamiento de lixiviados y gases generados por la descomposición de los desechos.
- Aunque el lugar cuenta con una barda perimetral, ésta no controla el transporte de residuos en el aire.
- No hay una vigilancia eficiente para evitar que se quemen los residuos confinados.
- No se tiene ningún control para prevenir accidentes o daños a la salud de los pepenadores del lugar.
- Los residuos peligrosos son confinados en las mismas celdas que los municipales

Actualmente, la disposición final no sólo se realiza en este tiradero, que es el único del municipio, muchas personas disponen clandestinamente sus desechos en terrenos baldíos o a los costados de los caminos.

Problemática Identificada

En el almacenamiento se tiene la limitación de que los contenedores utilizados por la población son, en muchos casos, inadecuados. Esto tiene diferentes consecuencias como que durante la recolección se pierda tiempo, además de que, en el caso de recipientes que no son cerrados se atraiga fauna nociva. No existen contenedores públicos en las calles, únicamente en la plaza central, esto trae como consecuencia que las personas al no encontrar un contenedor dispongan de sus residuos en las calles.

En la recolección, uno de los problemas es la escasa cobertura lo que origina que las personas que no reciben el servicio dispongan sus residuos de forma inadecuada como en tiraderos clandestinos o quemándolos. En el caso de tiraderos clandestinos se puede tener

la contaminación de mantos freáticos y con la quema se producen partículas y gases nocivos que se desprenden a la atmósfera. Lo anterior trae consecuencias al ambiente que se traducen en daños a la salud.

Gran parte de la población no conoce el método de recolección que se está utilizando, lo que hace que no cumplan con lo que les corresponde, ocasionando que la eficiencia de recolección sea más baja. Las personas que no conocen el método de recolección disponen sus residuos de forma inadecuada.

El reúso y reciclaje es muy limitado y se tiene a baja escala, esto hace que se dispongan en el tiradero gran cantidad de residuos, lo que reduce su vida útil. En cuanto se tenga la saturación del sitio de disposición se deberá encontrar otro sitio, lo que producirá impactos ambientales al sitio elegido. A no reusar o reciclar los residuos que son factibles de hacerlo se están teniendo pérdidas económicas ya que se están disponiendo materiales que podrían comercializarse.

En la disposición final no se tiene un control de la cantidad de residuos que se reciben, por lo que no se puede saber cuánto tiempo seguirá funcionando y no se puede hacer una planeación y acondicionamiento de un nuevo sitio para los residuos.

No se está cumpliendo con la reglamentación federal por lo que se pueden recibir multas y sanciones, por no tener control sobre los lixiviados que están contaminando el suelo y los mantos acuíferos ubicados en la zona.

Además en el tiradero municipal y en los tiraderos clandestinos se tienen quemas para reducir el volumen de los residuos pero esto genera contaminación atmosférica exponiendo la salud de la comunidad.

Tecpan de Galeana

Generación

Los datos estadísticos más relevantes obtenidos del estudio de generación son los siguientes: (UNAM, 2006)

Generación media: 0.476 kg/hab/día

Mediana: 0.378 kg/hab/día

Moda: 0.109 kg/hab/día

Desviación estándar: 0.331

Varianza: 0.109

En la tabla 2.8 se muestran los porcentajes promedio de los subproductos obtenidos con base en la norma NMX-AA-22-1985.

Tabla 2.8 Clasificación de subproductos y porcentaje en peso Tecpan de Galeana

Subproductos	% peso
Algodón	0.13
Cartón	3.92
Cartón encerado	0.35
PVC	0.00
Cuero	0.00
Hueso de animal	0.50
Hule	1.72
Lata de aluminio	0.69
Lata de otros metales	0.00
Loza y cerámica	1.53
Madera	1.52
Material construcción	1.04
Material ferroso	1.46
Material no ferroso	0.67
Materiales peligrosos	0.10
Pañal des./toallas sanit.	8.57
Papel de impresión	1.73
Papel de revista	0.79
Papel sanitario	3.20
Periódico	0.94
PET	3.32
Unicel	0.35
PEAD	0.00
PEBD	3.83
Plásticos varios	7.32
Residuo fino	0.00
Residuos alimenticios	17.58
Residuos de jardín	26.79
Semilla y cáscara dura	2.90
Tetrapak	1.80
Trapo (natural y sintético)	1.60
Vidrio de color	0.47
Vidrio transparente	4.42
Otros	0.78
Total	100

De la tabla anterior se concluye que los residuos de jardín constituyen casi el 27% del total de residuos generados en los domicilios de la localidad, esto debido a que la población

prácticamente en general vive en casas habitación y las mismas en su mayoría tienen amplios patios o jardines con árboles y arbustos que generan diariamente tal cantidad de residuos. En la figura 2.5 se muestra una gráfica que refleja el porcentaje de los subproductos clasificados que se generan en mayor cantidad.

Los residuos alimenticios constituyen también un alto porcentaje de los residuos generados, 18%, esto debido a que los habitantes de la cabecera municipal de Tecpan consumen más productos de manera natural y en menor proporción alimentos en empacados o enlatados.

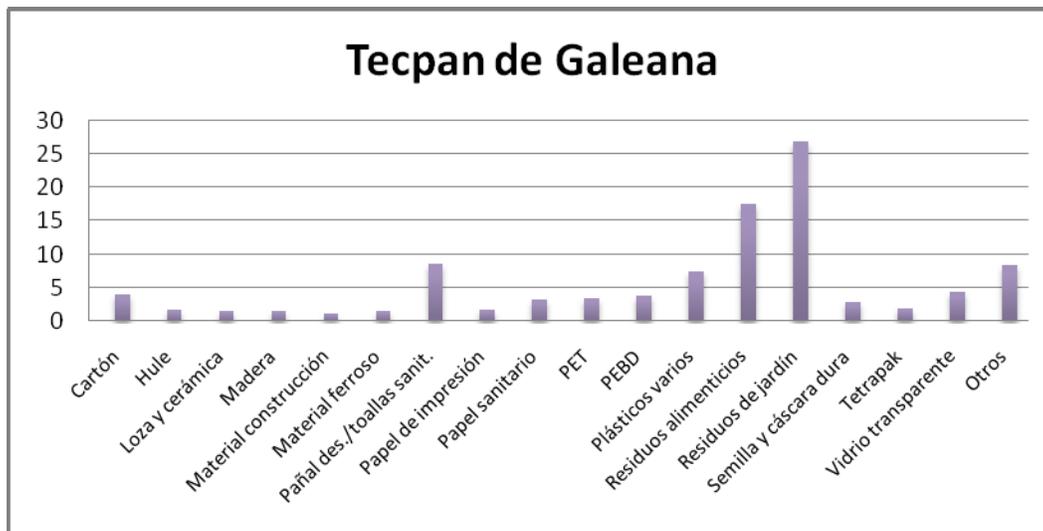


Figura 2.5 Gráfica de los productos susceptibles de ser aprovechados en el municipio Tecpan de Galeana

Como resultado del análisis que se realizó con base en la norma NMX-A-19-1985 se obtuvo el peso volumétrico de los residuos el cual es de 102 kg/m³

Como se puede observar en la tabla 2.9, considerando la generación per cápita de los residuos sólidos y la población del municipio se estima que la generación total de residuos sólidos en la cabecera municipal de Tecpan es de 33.23 ton/día.

Tabla 2.9 Cálculo de la generación de residuos en toneladas por día Tecpan de Galeana

Generación 2008		
Población	(hab)	60,313
Generación Per-Cápita	(Kg/hab/día)	0.551
Generación total	(Ton/día)	33.23

La cobertura del servicio se estima en un 59.03% la cual se obtuvo a partir del análisis de datos del total de la población del municipio y la población que es atendida por el servicio de recolección en las cinco principales poblaciones generadoras de residuos sólidos del

municipio de Tecpan de Galeana. En la tabla 2.10 se muestran las cinco localidades más importantes del municipio y el cálculo de porcentaje de cobertura, según su población.

Tabla 2.10 Cálculo del porcentaje de cobertura Tecpan de Galeana

Poblaciones Principales	% Cobertura
Tecpan	29.65%
San Luís la Loma	8.26%
El Suchil	7.55%
San Luís San Pedro	7.25%
Papanoa	6.32%
Cobertura Máxima	59.03%

Almacenamiento

El almacenamiento in situ de los residuos sólidos municipales en la mayoría de las casas habitación del centro de la cabecera municipal de Tecpan de Galeana suelen ser: bolsas plásticas, botes sin tapa, botes con tapa, cajas de cartón y costalillas.

En las calles y vías públicas de Tecpan se cuenta con cinco contenedores públicos con capacidad para almacenar un volumen de 7 m³ y se encuentran ubicados en puntos estratégicos de la ciudad, tienen el propósito de almacenar los residuos sólidos producidos por la población. La alternativa de disponer los residuos en dichos contenedores es una de las opciones preferidas por la población, pues de ésta forma no tienen que esperar al vehículo de recolección.

La cabecera municipal cuenta con dos remolques encargados de recoger los contenedores públicos mediante un sistema hidráulico, el cual consiste en enganchar el contenedor a la cama de la camioneta y de esta manera son llevados al tiradero local, donde se descargan, una vez vacíos los contenedores son retornados a su lugar de origen.

En esta localidad se observó la presencia de contenedores públicos de menor volumen colocados en diferentes puntos de la plaza central de la ciudad pero los mismos no funcionan actualmente ya que su base se encuentra deteriorada.

Barrido

En el Centro de Tecpan de Galeana sólo se cuenta con el servicio de barrido por parte del personal encargado de limpiar en zonas muy limitadas como la plaza central y calles muy céntricas. De los entrevistados el 100% dijo que ellos mismos barrían los frentes de sus

casas y parte de su calle, por lo general con frecuencia diaria, lo que permite hasta cierto punto mantener las zonas residenciales limpias.

Recolección

El servicio de recolección de la cabecera municipal de Tecpan de Galena cuenta con 6 camiones recolectores 49 m³ de capacidad conjunta y dos unidades encargadas de recolectar los residuos de los contenedores esparcidos por la localidad.

De las entrevistas realizadas a la muestra poblacional se determinó que el método de recolección utilizado en la mayor parte de la localidad es el “método de parada fija”.

Debido a que la frecuencia de recolección de los residuos es muy baja, el 16.18% de la población busca otras alternativas para deshacerse de sus residuos, disponiéndolos en lugares inadecuados, propiciando la creación de tiraderos a cielo abierto.

Transporte

El servicio de recolección de la cabecera municipal de Tecpan de Galeana cuenta con la siguiente infraestructura:

- Remolque verde, 1998 marca Dodge de 7 m³
- Camión Kodia blanco Grande, 2004 marca Chevrolet de 18 m³
- Durango, vino, 1999, Dodge de 12 m³
- Mini Compactador, blanco, 2004 Chevrolet 12 m³
- Remolque 2004 blanco Chevrolet 7 m³
- Volteo 1993 blanco Mercedes Benz 7 m³

El municipio proporcionó la información de que los camiones recolectores de volteo realizan en promedio unos tres viajes cada uno por día de recolección al sitio de disposición final, y que al día son llevados y vaciados en dicho lugar un promedio de 25 contenedores llenos. Esto significaría que se está recogiendo en promedio alrededor de 203 m³ de residuos si los camiones y contenedores son llenados en toda su capacidad, y de 170 m³ si los mismos fueran llenados a un 80% de su capacidad, con lo cual se estarían recolectando un máximo del 66% de los residuos que se generan en el Municipio.

Reúso y Reciclaje

En la cabecera municipal de Tecpan de Galeana no se realiza el reciclaje o el reúso de materiales, entre los esfuerzos de reúso y reciclaje puestos en marcha en la localidad se

encuentra el reciclaje de PET, PEAD, latas de aluminio, material ferroso, papel, cartón y vidrio por parte de particulares que recorren las calles para recuperar estos materiales. Ninguno de los programas cuenta con la participación del municipio, el esfuerzo que se lleva a cabo para la recuperación de materiales susceptibles de reuso o reciclaje lo hacen los particulares.

Aun así los habitantes de la cabecera municipal de Tecpan de Galeana manifiestan su interés en participar de algún programa de separación de residuos cuyo fin es el de propiciar un aprovechamiento de los mismos.

Un 7.35% de la población entrevistada realiza algún tipo de separación con el fin de reusar o reciclar parte de sus residuos, aunque por lo general lo hacen de manera inconsciente. Entre las actividades más comunes de reuso y reciclaje que practican se encuentra el apartar los restos de alimentos para alimentar cerdos.

Tratamiento

En la cabecera municipal de Tecpan de Galeana el servicio público de limpia no le da ningún tratamiento a los residuos sólidos, pero la población sí, ya que es común que muchos quemen sus residuos (tratamiento térmico); además, en algunos casos los habitantes realizan composta.

Una tercera parte de los habitantes entrevistados admitió que cuando el camión recolector no pasa por su basura con frecuencia o por el simple hecho de reducir su volumen, queman sus residuos en su patio o en terrenos baldíos cercanos, separando aquellos materiales incombustibles como el vidrio y el metal, y una minoría separaba los plásticos debido a que emitían gases irritantes.

En el tiradero de la localidad también son quemados los residuos dispuestos, pero esta quema la hacen clandestinamente particulares con el fin de facilitar su acopio de metales o bien en ocasiones se origina espontáneamente.

Disposición final

La cabecera municipal de Tecpan cuenta con un tiradero para la localidad de capacidad desconocida por el municipio, que no cumple con la norma de construcción y operación de rellenos sanitarios pues presenta una serie de irregularidades, entre las que se encuentran:

- No se cuenta con un adecuado sistema de recolección de residuos sólidos
- No se cuenta con un sistema adecuado de recolección y tratamiento de lixiviados
- Los residuos confinados no son compactados ni se realiza la cobertura de los mismos.

- No hay una vigilancia eficiente para evitar que se quemen los residuos confinados
- No se tiene ningún control para prevenir accidentes o daños a la salud de los pepenadores del lugar
- Los residuos peligrosos son confinados en las mismas celdas que los municipales

Actualmente, la disposición final no sólo se realiza en este tiradero, muchas personas disponen clandestinamente sus desechos en terrenos baldíos, barrancas, cañadas o el río mismo.

Problemática identificada

El municipio de Tecpan de Galeana no cuenta con un manejo adecuado de sus residuos sólidos municipales, generando entre otros impactos la alteración del paisaje, proliferación de fauna nocivas al ser humano y filtración de lixiviados en el suelo (dicha filtración contamina los mantos freáticos subterráneos) y la emisión de gases.

Esta problemática se debe a que no se cuenta con los recursos económicos suficientes para poder cubrir en su totalidad la recolección y transporte de los RSM, por lo que los habitantes recurren a la quema de residuos, o a la creación de tiraderos a cielo abierto como una alternativa para poder deshacerse de su basura. Estas acciones perjudican no solo al medio ambiente sino que también afecta a la calidad de vida de la población.

Con base en el diagnóstico del manejo de los residuos para cada municipio, y en los datos obtenidos sobre la población, generación per cápita y peso volumétrico, se presenta, en el siguiente capítulo las bases de diseño de la estación de transferencia.

CAPÍTULO 3. BASES DE DISEÑO

La transferencia de residuos sólidos municipales es una de las etapas del ciclo de los residuos sólidos, incluye las instalaciones en donde se hace el traslado de residuos de un vehículo recolector a otro de mayor capacidad de carga, éste es el que transporta los residuos hasta el sitio de disposición final, que puede ser una planta recicladora, una planta de composta, un sitio de incineración, o un relleno sanitario.

Las estaciones de transferencia han surgido a nivel mundial debido a la problemática que representa el contar con un sistema de recolección de residuos adecuado.

Están diseñadas para que los vehículos recolectores se concentren y depositen los residuos sólidos en vehículos de mayor capacidad y finalmente sean estos últimos se dirijan al sitio de disposición final.

La decisión de la ubicación de una instalación de este tipo requiere de una serie de estudios donde se deben tomar en cuenta entre otros, aspectos sociales, sanitarios y ambientales.

Los sitios de disposición final tienen que estar cada vez más alejados de la zona de generación de los residuos sólidos municipales, lo que ocasiona un incremento importante en el costo del combustible empleado para llevarlos ahí.

Las instalaciones de una estación de transferencia incluyen a una plataforma elevada que cuenta con una rampa de acceso para el vehículo recolector y una rampa de acceso para el vehículo de transferencia. El traslado de los residuos se puede hacer por gravedad o por medio de equipos mecanizados.

Los vehículos recolectores que son utilizados por las estaciones de transferencia son generalmente, camiones compactadores, pero también pueden ser camiones abiertos tipo volquete o camiones porta-contenedores.

Para el transporte suplementario se emplean, en su mayoría, camiones de gran capacidad tipo tráiler, pero también se pueden utilizar otros tipos de camiones así como otros medios de transporte como el ferroviario o el acuático.

El objetivo principal de una estación es incrementar la eficiencia global del servicio de recolección, económicamente hablando, esto se logra con la disminución del costo de tiempo y transporte, al reducir los grandes recorridos de los vehículos recolectores y con ello los tiempos no productivos, los residuos son transferidos a vehículos de mayor capacidad, que los transporta a las plantas de tratamiento o sitios de disposición final.

Es importante enfatizar que el criterio básico para el empleo de estaciones de transferencia es que la economía que se logre por la disminución de distancias y tiempos de recorrido de la flota de recolección debe ser mayor que los costos de inversión y operación del sistema de transferencia.

La ubicación de una estación de transferencia es muy importante pues de esto dependen todas sus ventajas, por lo que se debe buscar su centro de gravedad, con ello se permitirá disminuir la suma de recorridos de las rutas de recolección hacia dichas instalaciones.

En el proyecto de una estación de transferencia se han de considerar las diversas alteraciones que sufran las rutas de recolección, además otro tipo de factores como la densidad de población, la generación de residuos sólidos, la traza urbana de la localidad, la cercanía con zonas forestales o cualquier otra característica importante de cada población.

Las características de debe tener un sitio destinado para una estación de transferencia y que permitan que su operación sea más efectiva son: distancia de amortiguamiento a zonas de colindancia, dirección e incidencia de vientos, pendientes de acceso a las instalaciones, accesos viales al sitio destinado para un relleno sanitario y superficie disponible.

Una vez que se definan características geográficas y la composición de los residuos de la zona de estudio se debe de elegir el tipo de estación de transferencia que dará servicio a la población.

Tipos de estaciones de transferencia

Existen varios tipos de estaciones de transferencia, por operación de descarga, por procesamiento de residuos, y por características del edificio.

Estaciones de transferencia por operación de descarga directa e indirecta

Estaciones de carga directa

La estación de carga directa emplea la gravedad para el traslado de los residuos de los camiones recolectores a los vehículos de transferencia. En este tipo de instalaciones el contenido de los camiones recolectores se descarga directamente en un vehículo de transferencia que generalmente es un tráiler descubierto que varía en su capacidad de 20 a 25 toneladas.

Este tipo de estaciones recibe a los vehículos recolectores que son registrados y pesados para posteriormente dirigirse al patio de maniobras donde se ubican las líneas de servicio

que cuentan con un número determinado de servidores (tolvas) que descargan los residuos al vehículo de transferencia, estos se colocan en el patio de carga una vez llenos, se realiza el despunte para posteriormente colocar la lona que cubre los residuos para trasladarlos al sitio de disposición final.(SEDESOL, 1997)

Una de las desventajas que tiene este tipo de estación, es la imposibilidad de almacenar residuos, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir residuos de los camiones recolectores, así que en caso de que el camión recolector llegue a la estación de transferencia y no haya un vehículo para recibir los residuos, el vehículo recolector debe de esperar hasta la llegada de un vehículo de transferencia vacío, esta situación provoca filas de vehículos recolectores en la estación en las horas pico. En la figura 3.1 se muestra un vehículo de transferencia en una estación de carga directa.



Figura 3.1 Estación de transferencia de carga directa, México DF

Fuente: DGSU

Estaciones de carga indirecta

Utiliza áreas de almacenamiento, además de equipos mecanizados para mover los residuos y alimentar los vehículos de transferencia. Los residuos se descargan indirectamente en los vehículos de transferencia, cuentan con locales para el almacenamiento de los residuos que pueden ser fosas de almacenamiento o plataformas en donde posteriormente los residuos son cargados en los vehículos de transferencia con equipos auxiliares.

Los camiones recolectores son registrados a su ingreso en la estación y son pesados en básculas computarizadas, posteriormente, éstos se dirigen a la plataforma para depositar los residuos a la fosa, regresando después a la báscula para ser pesados nuevamente. Con esta diferencia de pesos se obtiene la cantidad de residuos transferidos.

Las fosas pueden tener sistema de fondo móvil con correas transportadoras que llevan los residuos a una altura que permite cargar los vehículos de transferencia. Otro tipo de operación de este tipo de carga es el que usa puentes-grúas para poder remover los residuos de la fosa y cargar los vehículos de transferencia.

Dependiendo del nivel del patio, se emplean diferentes equipos para mover los residuos y cargar los vehículos de transferencia, se puede emplear topadoras de oruga o palas cargadoras, los residuos son removidos de la fosa con grúas de almeja, 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. La caja de transferencia es enganchada al tracto camión que la transportará al sitio de disposición final. En este tipo de instalación los vehículos recolectores no esperan para descargar los residuos transportados.

Estaciones de transferencia por procesamiento de residuos

Dependiendo de las características de los residuos y el tipo de vehículo de transferencia los residuos pueden ser procesados o no en las estaciones de transferencia.

Estación de transferencia sin procesamiento

En el caso de no existir procesamiento los residuos se compactan en los camiones recolectores cuando estos son compactadores, por lo tanto es transferida en su estado original, las instalaciones de una estación de transferencia sin compactación son muy utilizadas debido a la simplicidad que representa su construcción, operación, su bajo costo inicial de construcción así como de los vehículos de transferencia.

Su empleo es usualmente la mejor alternativa cuando los residuos generados son de densidad alta o media, se habla de una compactación de 400 kg/m³, en la mayoría de las ciudades de Latinoamérica esta condición de los residuos se presenta después de que la basura es compactada en los camiones de recolección que cuentan con equipos de compactación. Elegir este método es una mejor alternativa si se cuenta con residuos de alta o media densidad, cada vez cuenta con mayor aceptación por su costo y simplicidad. (Sánchez, 1999)

Las estaciones sin procesamiento comúnmente utilizan vehículos de transferencia del tipo volquete o de fondo móvil.

Estación de transferencia con procesamiento

El procesamiento de los residuos sólidos en una estación de transferencia tiene generalmente dos objetivos el más común es aumentar la densidad de los residuos para poder aprovechar la capacidad de transporte de los vehículos de transferencia, y

aprovechar la operación de traslado para hacer la selección de residuos y poder recuperar los materiales reciclables.

Los métodos de procesamiento más utilizados son los de compactación, la trituración y la selección de materiales. (CEPIS,2005)

Estación de transferencia con sistema de compactación

Si una estación de transferencia cuenta con un sistema de compactación se beneficia en gran medida la gestión de residuos, ya que al incrementar la densidad de los mismos, aumenta también su capacidad de traslado en volumen y la capacidad del vehículo de transferencia.

Al realizar el diseño de una estación de transferencia con un sistema de compactación se deben considerar, entre otras cosas, una inversión inicial mayor, ya que la compactación de residuos se realiza por medio de compactadores estacionarios o por medio de equipos montados en el vehículo de transferencia. En la figura 3.2 se ilustra una estación de carga con sistema de compactación dicha estación opera en el estado de Aguascalientes, México.



Figura 3.2 Estación de transferencia con mecanismo de compactación, Aguascalientes

Fuente: Archivo propio

En el caso de compactadores estacionarios, los residuos son colocados en el vehículo por la parte posterior de su caja, y cuentan con una puerta que puede operar manual o hidráulicamente, dicha caja se acopla a la prensa compactadora por medio de garras mecánicas.

Estación de transferencia Santiago de Chile (Caso estudio con sistema de compactación)

La estación de transferencia de Santiago de Chile se encuentra en la comunidad de Quilicura, fue diseñada por ingenieros chilenos con tecnología holandesa, es la más grande del mundo en su naturaleza, cuenta con una superficie de 4 hectáreas

Mediante un sistema de atmosfera controlada se extrae el polvo de la descarga de los camiones recolectores y neutraliza los olores, teniendo así un sistema rápido, eficiente y limpio.

Recibe diariamente 4500 toneladas de residuos sólidos domiciliarios, que son sometidos a un proceso de reducción de volumen mediante compactación, para ser transportados al relleno sanitario.

Los camiones ingresan por el sector de las básculas de pesaje ya registrado y con su orden de descarga se dirigen hacia la posición previamente señalada en el sector de pesaje, subiendo por la rampa de acceso hacia la nave de transferencia. El vehículo se posiciona, retrocediendo, hacia el área de descarga donde se encuentran los silos especialmente diseñados para el transporte de residuos.

Los operarios de la plataforma de transferencia abren las compuertas del camión recolector para poder depositar los residuos en el silo

Esta operación se realiza de cuatro a cinco veces por silo, alcanzado un peso de 26 a 27 toneladas de carga, por cada uno de ellos.

La carga del silo es sometida a un proceso de compactación mediante la aplicación de un sistema automático hidráulico computarizado que somete la carga a una compresión de 30 toneladas, a lo menos tres veces por silo hasta su total llenado, logrando una densidad de aproximadamente 0.55 a 0.70 toneladas por metro cúbico. Al terminar el llenado del silo, es puesto sobre un camión de transporte de carretera hacia el relleno sanitario, mediante un camión cargador diseñado especialmente para estos efectos. En la figura 3.3 se muestra una estación de transferencia de residuos sólidos con sistema de compactación.

La estación de transferencia cuenta con 12 posiciones para descarga simultánea, 116 silos y 28 tractores con sus respectivos remolques, para los residuos domiciliarios, y 7 bateas para los escombros. El camión de transporte sale de las instalaciones de la Estación de Transferencia, previo pesaje dinámico, cumpliendo con las normas de transporte de carga en carretera con destino al relleno sanitario de Loma Los Colorados ubicado a 60 kilómetros al norte de Santiago.

Estación de transferencia con sistema de trituración

El objetivo de la operación de una estación de transferencia con procesamiento de trituración es el de reducir el volumen de los residuos y con esto facilitar su transporte, la operación de trituración se realiza por medio de molinos especiales para la basura, hay molinos de diferentes modelos y capacidades esto dependerá del fabricante.

La ventaja de este tipo de procesamiento, además de la reducción del volumen, es que los residuos triturados tienen características menos agresivas y su disposición en el relleno sanitario es más fácil.

La desventaja que presenta una estación de transferencia con este tipo de procesamiento es que el costo de trituración es muy alto, debido a los costos no solo de inversión si no también a los costos de mantenimiento, especialmente por el frecuente reemplazo de los martillos del molino.

Estación de transferencia con sistema de enfardamiento

El enfardamiento consiste en compactar los residuos sólidos en bloques colocándoles cintas para mantenerlos coherentes y tiene como ventaja principal la utilización de vehículos con carrocería de plataforma.

Además los bloques de basura enfardada son muy fáciles de disponer en el relleno sanitario ya que ocupan pequeños volúmenes.

La desventaja principal de este tipo de procesamiento es su alto costo de inversión inicial y de su operación y mantenimiento, por lo que este tipo de procesamiento no es económicamente viable.

Estación de transferencia Pompeya, Buenos Aires Argentina. (Caso estudio con sistema de enfardamiento, CEAMSE¹)

La ciudad de Buenos Aires, opera tres estaciones de transferencia ubicadas en Pompeya, Colegiales y Flores, la estación de Pompeya recibía en sus orígenes residuos provenientes de la ciudad exclusivamente, en enero del 2004 empezó a recibir residuos originados en Avellaneda, Quilmes, Lanús y Lomas de Zamora, por lo que a dicha estación se le implantó un sistema de enfardado de residuos que incrementara su capacidad de recepción en un 20%. (Gestión ecológica de residuos, 2007)

El objetivo de implantar una estación de transferencia con procesamiento de enfardamiento es el compactar una fracción de los residuos de recolección urbana; que

¹ Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado, Buenos Aires, Argentina 2008)

se reciben en la planta, en fardos de muy alta densidad, para optimizar las condiciones de almacenamiento intermedio y transporte y facilitar la operación del relleno sanitario donde se depositarán.

El equipo a utilizar, una enfardadora Macpresse modelo MAC 112 L - 200, diseñada y construida especialmente para procesar residuos sólidos urbanos, permitirá realizar fardos de residuos muy compactados (reduce su volumen más de cuatro veces) por lo que el traslado de éstos residuos será más económico, el peso volumétrico que se obtiene varía entre 850 kg/m³ y hasta 1100 kg/m³, dependiendo de la composición de los residuos. En la figura 3.3 se muestra la imagen de la estación de transferencia que opera en Buenos Aires Argentina.



Figura 3.3 Estación de transferencia con sistema de enfardamiento Santiago de Chile.

Fuente: Google Imágenes

El sistema funciona sin necesidad de trituración de los residuos a compactar. La forma de prisma rectangular sumada a la alta densidad de compactación permite un mejor aprovechamiento del espacio de almacenamiento, especialmente frente a otros sistemas que adoptan la forma cilíndrica y también en relación a fardos de menor densidad,. un fardo de un tamaño final de 1100 x 1100 mm (ancho y alto) y longitud regulable entre 1400 y 2000 mm tendrá un peso efectivo entre 1850 y 2500 kg.

De este modo se flexibiliza el transporte y se disminuye el tiempo de manipuleo. Por otra parte, facilita la disposición de los residuos en el relleno; por ejemplo, debido al grado de compactación se produce menor cantidad de líquidos lixiviados obteniendo como

resultado final una operación más simple sin necesidad de topadoras ni equipos compactadores.

Estación de transferencia con selección de materiales

Una estación de transferencia que cuente con un espacio en donde se pueda realizar una selección de materiales permite la separación de residuos que pueden ser aprovechados y de esta forma transportar sólo la fracción no aprovechable o sea los rechazos del proceso al relleno sanitario.

Entre las ventajas de una estación de transferencia que cuenta con la selección de materiales es que se logra la disminución de la cantidad de residuos a ser transportados y dispuestos en un relleno sanitario, y se obtienen ingresos a partir de la venta de los materiales seleccionados, tales como: vidrio, metales, papeles, plásticos, etc.

Planeación y proyecto de una estación de transferencia

En la etapa de la planeación de una estación de transferencia se requiere la información fundamental para el planteamiento del proyecto, la planeación en cualquier proyecto es muy importante pues determina la factibilidad de su realización, analizando las ventajas y desventajas que existirán según las características particulares.

En esta etapa del proyecto se recaba la información necesaria para poder determinar entre otras cosas el periodo de diseño de la estación de transferencia, a partir de la generación de residuos sólidos de la población, se requiere además saber la ubicación de los sitios de disposición final, las vialidades del municipio etc. Como resultado de esta etapa se determinará la ubicación del sitio de construcción y se definirá el tipo de estación así como su capacidad de recepción.

Determinación de la generación per cápita de RSU para la zona en estudio

El procedimiento para determinar la generación per cápita de residuos sólidos domésticos se realizó utilizando un índice de generación per cápita, mismo que se calculó con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medida en kg/hab/día, a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo y en cada uno de los sectores socio-económicos de la población, la determinación de la generación se realizó con base en la norma NMX-AA-61-1985

El trabajo de campo o muestreo consiste en la toma diaria de muestras de la basura generada en las casas-habitación seleccionadas, durante un periodo de ocho días, tomando en cuenta las consideraciones de la norma.

El valor obtenido de los residuos sólidos generados se divide entre el número de habitantes de las casas habitación, para obtener la producción per cápita de basura en kg/hab/día, correspondiente al día en que fue generada. Con los valores diarios se obtiene

el promedio de la generación de basura per cápita para cada una de las casas habitación incluidas en la muestra. De acuerdo a lo anterior se obtiene una serie de "n" valores promedio de generación de residuos sólidos per cápita, uno para cada casa habitación incluida en la muestra.

Se requiere conocer el número total de habitantes a los que servirá la estación de transferencia, tomando en cuenta que el periodo de diseño del proyecto es de 15 años.

La población actual de Atoyac de Álvarez es de 61,736 habitantes, la población de Benito Juárez de 15, 448 habitantes y del municipio de Tecpan de Galeana cuenta con 60, 313 habitantes de acuerdo con el censo realizado por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000), así como con los datos estadísticos obtenidos en el plan de desarrollo municipal del estado de Guerrero.

Para los tres municipios se realizaron los cálculos de proyección poblacional para determinar la generación de residuos, la capacidad de recepción y manejo de los mismos en la estación de transferencia, el número y características de los vehículos etc. El cálculo de proyección poblacional se realizó con base en las tasas de crecimiento demográfico del INEGI y de CONAPO (2005). En la tabla 3.1 se muestra la proyección de la población para el año 2023 para los municipios de la zona de estudio.

La tasa de crecimiento poblacional fue el resultado del promedio de la tasa de crecimiento poblacional obtenida de los datos de CONAPO e INEGI, y corresponde a un valor $i = -0.56$ para el municipio de Atoyac de Álvarez, mismo valor que se utiliza para la localidad de "El Paraíso". El valor de la tasa de crecimiento promedio para el municipio Benito Juárez corresponde a un valor $i = -0.97$ y por último el valor promedio obtenido para el municipio Tecpan de Galeana es igual a $i = -0.64$. Los valores de la tasa de crecimiento poblacional para los tres municipios decrece, las causas de este comportamiento son principalmente la migración que existe debido a que las condiciones y actividades económicas no son satisfactorias.

Aunque la producción de residuos sólidos municipales depende directamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas, se sabe que la cantidad de residuos sólidos municipales tendrá un incremento debido a que las condiciones de consumo cambian según las necesidades y patrones de consumo de la población y a medida que se incrementa la comercialización de productos industrializados. Es por eso necesario proyectar la generación per cápita de residuos sólidos municipales y con esto definir las acciones que permitan lograr un manejo adecuado para la operación y servicio de la estación de transferencia.

Tabla 3.1 Cálculo de la proyección poblacional al año 2023 para la zona de estudio

Proyección Poblacional				
	Atoyac de Álvarez	El Paraíso	Benito Juárez	Tecpan de Galeana
2000	61763	4499	15448	60313
2001	60799	4429	15144	59324
2002	59850	4360	14847	58352
2003	58915	4292	14555	57396
2004	57996	4225	14269	56455
2005	57090	4159	13989	55529
2006	56199	4094	13714	54619
2007	55322	4030	13444	53724
2008	54458	3967	13180	52843
2009	53608	3905	12921	51977
2010	52771	3844	12667	51125
2011	51948	3784	12418	50287
2012	51137	3725	12174	49463
2013	50338	3667	11935	48652
2014	49553	3610	11700	47855
2015	48779	3553	11470	47070
2016	48018	3498	11245	46299
2017	47268	3443	11024	45540
2018	46530	3389	10807	44793
2019	45804	3336	10595	44059
2020	45089	3284	10386	43337
2021	44385	3233	10182	42627
2022	43692	3183	9982	41928
2023	43010	3133	9786	41241

Para realizar el cálculo de la proyección de generación de residuos sólidos municipales de los tres municipios en estudio se consideró una tasa de $i=1.5\%$ anual, dato que se tomó con base en el documento “Estadísticas e Indicadores de Inversión sobre Residuos Sólidos Municipales en los Principales Centros Urbanos de México 1997)” realizado y publicado por el INE y por la SEMARNAT, en donde se zonifica al país de acuerdo con sus características geográficas, con la actividad económica y poblaciones actuales.

En la tabla 3.2 muestra el cálculo de proyección de generación de residuos sólidos para el año 2023, para las cabeceras municipales de la zona de estudio.

Tabla 3.2 Proyección de generación de residuos sólidos municipales para el año 2023

Proyección de generación (kg/hab/día)				
Año	Atoyac de Álvarez	El Paraíso	Benito Juárez	Tecpan de Galeana
2005	0.55200	0.43800	0.55000	0.46070
2006	0.56028	0.44457	0.55825	0.46761
2007	0.56868	0.45124	0.56662	0.47462
2008	0.57721	0.45801	0.57512	0.48174
2009	0.58587	0.46488	0.58375	0.48897
2010	0.59466	0.47185	0.59251	0.49630
2011	0.60358	0.47893	0.60139	0.50375
2012	0.61263	0.48611	0.61041	0.51131
2013	0.62182	0.49340	0.61957	0.51898
2014	0.63115	0.50080	0.62886	0.52676
2015	0.64062	0.50832	0.63830	0.53466
2016	0.65023	0.51594	0.64787	0.54268
2017	0.65998	0.52368	0.65759	0.55082
2018	0.66988	0.53154	0.66745	0.55908
2019	0.67993	0.53951	0.67747	0.56747
2020	0.69013	0.54760	0.68763	0.57598
2021	0.70048	0.55582	0.69794	0.58462
2022	0.71099	0.56415	0.70841	0.59339
2023	0.72165	0.57262	0.71904	0.60229

Conociendo la cantidad de residuos sólidos que se generará para cada municipio al 2023, se necesita calcular el porcentaje de cobertura que se proporcionará a la población, esto se realiza tomando en cuenta a las poblaciones que cuenten con más de 3000 habitantes, para las localidades que tengan una población menor, la propuesta para el manejo de sus residuos es la construcción de un relleno sanitario tipo D, el cual se recomienda para aquellas poblaciones que generen menos de 10 toneladas diarias y su operación se realiza manualmente.

El municipio de Atoyac de Álvarez cuenta con una población actual total de 61, 763 habitantes en sus 132 localidades, la cabecera municipal, que lleva el mismo nombre cuenta con 18, 561 habitantes, las localidades más importantes son: El Paraíso con 4,499

habitantes, El Ticui con 2,975 habitantes, Zacualpan con 2, 452 habitantes y Cacalotla con 2,393. (INEGI, 2005)

El municipio de Benito Juárez cuenta con una población de 15,448 habitantes, su cabecera municipal es San Jerónimo de Juárez y cuenta con 6,964 habitantes, el municipio cuenta con 48 localidades, las más importantes considerando a la población son la Hacienda la Cabañas con 2,235 habitantes, Arenal de Álvarez con 1,581 habitantes, Las Tunas con 1,490 y Arenal de Gómez con 1,150 habitantes. (INEGI 2005)

La cabecera municipal de Tecpan de Galeana lleva el mismo nombre y tiene una población de 17, 884 habitantes, el municipio cuenta con 423 localidades y tiene una población de 60,313 habitantes en total, las localidades más importantes son San Luis de la Loma con 4,981 habitantes, El Suchil con 4,554, San Luis San Pedro con 4,373 habitantes y Papanoa con 3,810 habitantes. (INEGI 2005)

Cálculo de porcentaje de cobertura de servicio

El cálculo de porcentaje de cobertura del servicio de transferencia de residuos se realizó tomando en cuenta las cinco localidades con mayor población para cada municipio, como generación media se utilizó la generación obtenida del estudio de diagnóstico realizado por la FI UNAM en el año 2006, este análisis se efectuó para los tres municipios.

En las tablas 3.3, 3.4 y 3.5 se muestran las localidades, su población y su generación en toneladas por día. Para el municipio de Atoyac de Álvarez la cobertura del servicio será del 50%, para el municipio de Benito Juárez la cobertura será del 86.75% y para Tecpan de Galeana del 59%.

Tabla 3.3 Cálculo de porcentaje de cobertura Atoyac de Álvarez

Atoyac de Álvarez	Población (hab)	Generación (kg/hab/día)	Generación (ton/día)	Cobertura
	61736	0.552	34.078272	100%
Atoyac	18561	0.552	10.245672	30.0651%
Paraíso	4499	0.552	2.483448	7.2875%
Ticui	2975	0.552	1.6422	4.8189%
Zacualpan	2452	0.552	1.353504	3.9718%
Cacalotla	2393	0.552	1.320936	3.8762%
Total	30880	0.552	17.04576	50.0194%

Tabla 3.4 Cálculo de porcentaje de cobertura Benito Juárez

Benito Juárez	Población (hab)	Generación (kg/hab/día)	Generación (ton/día)	Cobertura
	15448	0.55	8.4964	100%
San Jerónimo	6946	0.55	3.8203	44.9637%
Hacienda Cabañas	2235	0.55	1.22925	14.4679%
Arenal de Álvarez	1581	0.55	0.86955	10.2343%
Las Tunas	1490	0.55	0.8195	9.6453%
Arenal de Gómez	1150	0.55	0.6325	7.4443%
Total	13402	0.55	7.3711	86.7556%

Tabla 3.5 Cálculo de porcentaje de cobertura Tecpan de Galeana

Tecpan de Galeana	Población (hab)	Generación (kg/hab/día)	Generación (ton/día)	Cobertura
	60313	0.551	33.232463	100%
Tecpan	17884	0.551	9.854084	29.6520%
San Luis la Loma	4981	0.551	2.744531	8.2586%
El Suchil	4554	0.551	2.509254	7.5506%
San Luis San Pedro	4373	0.551	2.409523	7.2505%
Papanao	3810	0.551	2.09931	6.3170%
Total	35602	0.551	19.616702	59.0287%

Al realizar el estudio diagnóstico, se tomaron en cuenta solo a las cabeceras municipales de Tecpan de Galeana y Benito Juárez. Para el municipio de Atoyac de Álvarez se realizó un estudio diagnóstico adicional a su cabecera municipal, en la localidad "El Paraíso" pues aunque cuenta con una población de 4499 habitantes y la cantidad de residuos que genera por habitante, no es muy distinta que la de las demás localidades, se encuentra localizada en la sierra de Guerrero y el camino de acceso se encuentra en muy malas condiciones. Al realizar el análisis de la ubicación de la estación de transferencia se decidió anexar a esta localidad de manera independiente tomando en cuenta un análisis de tiempos y distancias.

La importancia de realizar un estudio diagnóstico en la zona de estudio es la de conocer la cantidad y características de los residuos que genera la población. Conocer la composición de los residuos sólidos es importante para poder enfrentar adecuadamente su manejo, el conocimiento de "qué se produce" y "cómo se produce" permite determinar la factibilidad

de proyectos para la clasificación de subproductos, para su venta en centros de acopio, empresas recicladoras o industrias de tratamiento de basura.

Son grandes las posibilidades para llevar a cabo acciones que permitan el reúso de los residuos mediante la selección y clasificación de los subproductos. Además toda la información que se obtiene del estudio de diagnóstico es lo que permite determinar la

disposición final de dichos residuos, así como la maquinaria, ubicación, y método de transferencia que se empleará.

La separación de los subproductos de los residuos trae consigo la operación de pequeñas empresas dedicadas al reciclaje y transformación de nuevos productos, para el caso particular de este trabajo, para los residuos alimenticios se tiene como alternativa aplicar un tratamiento biológico como por ejemplo composta (fertilizante orgánico) o en alimento para animales.

Esta información fue utilizada para la determinación de la ubicación y capacidad del sitio de disposición final, para conocer el tipo de camiones a proponer, la ubicación de la estación de transferencia, la capacidad de traslado de los camiones actuales, el método de recolección actual de cada municipio, y por último la mejor alternativa para el tratamiento y disposición final de dichos residuos.

Cálculo de recepción de residuos de la estación de transferencia

Para poder determinar la capacidad de recepción diaria de la estación de transferencia se realizó el cálculo del total de los residuos generados al día por cada municipio. En la tabla 3.6 se muestra el cálculo realizado para los años 2005, 2008 y 2023.

Tabla 3.6 Cálculo de recepción de residuos en toneladas por día para la estación de transferencia

	2005	2008	2023
Atoyac de Álvarez	17053.20208	16482.5668	15524.029
Benito Juárez	6674.932486	6575.91658	6104.57986
Tecpan de Galeana	15274.57496	15199.5679	14828.6293
Total (ton/día)	39002.70952	38258.0513	36457.2381

Se observa que para el año 2023, tiempo en que la estación dejará de prestar servicio, deberá tener una capacidad de recepción de 36.5 toneladas diarias.

Con base a los tipos de estaciones de transferencia estudiadas y tomando en cuenta la generación de residuos que se recibirán para transferirlos al relleno sanitario, la mejor alternativa para poder prestar el servicio a los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez

y Tecpan de Galeana es una estación de transferencia de carga directa ya que por sus características de operación no representaría un gasto anual importante anual para su administración.

Cálculo del costo de operación de los vehículos de recolección

Normalmente, cuando pensamos en establecer una estación de transferencia para alguna comunidad nos basamos en factores económicos para saber si el proyecto es viable o no,

habitualmente se piensa en una disminución de los costos globales de transporte y de horas hombre improductivas, es por ello que para poder realizar una evaluación técnica-económica se necesita considerar los costos de operación del equipo de recolección y el costo de operación del equipo de transferencia.

Actualmente los municipios de Atoyac de Álvarez, Tecpan de Galeana y Benito Juárez cuentan con equipos de recolección cuya adquisición es mayor a los 10 años, como consecuencia de esta situación los vehículos de recolección incrementan en una medida importante el costo de su operación y su disposición. En la figura 3.4 se muestra un vehículo de recolección que actualmente opera en el municipio de Tecpan de Galeana.



Figura 3.4 Vehículo de recolección, Tecpan de Galeana

Fuente: Archivo propio

En la tabla 3.7 se presenta una relación de los vehículos de recolección con los que cuenta cada municipio y el costo que representa el trasladar una tonelada de residuos por cada kilómetro. Para realizar este cálculo se tomaron en cuenta la capacidad de los vehículos de recolección, el costo horario del vehículo y el costo horario de los trabajadores, tomando en cuenta una jornada de 8 horas al día.

Como se puede observar, el costo del traslado de los residuos es muy alto si lo comparamos con los costos de un vehículo diseñado para la recolección de residuos y en buen estado cuyo costo es de 2.83 $\$/\text{Km}^*\text{Ton}$, esto se debe a la antigüedad de los vehículos recolectores, al constante desgaste de carrocería y llantas, y sobre todo al mantenimiento constante al que son sometidos.

Tabla 3.7 Cálculo del costo por hora de los vehículos de recolección que operan actualmente en la zona de estudio

	Modelo	Año	Capacidad (m3)	$\$/(\text{km}^*\text{ton})$
Atoyac de Álvarez	Camión Dina	1992	6	8.31
	Camión Dodge	1992	6	8.31
	Mercedes Benz	1995	6	8.85
	Remolque (contenedores)	1995	6	5.61
El Paraíso	Camioneta FORD		7.6	5.29
Benito Juárez	ECO-2010 2004		15.3	2.77
Tecpan de Galeana	Remolque Dodge	1998	7	7.92
	Camión Kodia	2004	18	3.78
	Camión Dodge	1999	12	4.54
	Minicompactador Chevrolet	2004	12	2.52
	Remolque Chevrolet	2004	7	8.09
	Volteo Mercedes Benz	1993	7	7.88
	Remolque (contenedores)	1997	7	5.79

Para realizar el cálculo del costo de cada vehículo, se consideraron las horas que se trabajan por jornada, el cálculo de la mano de obra para cada municipio, la velocidad promedio de los vehículos (30 km/hr), la capacidad de traslado de los mismos y un mantenimiento promedio mensual del 20 al 25%.

El objetivo principal de que pueda operar una estación de transferencia en la zona de estudio que, en conjunto con el relleno sanitario permita un manejo integral de los residuos sólidos generados en los municipios, es el de disminuir los tiraderos a cielo abierto que contaminan atmosfera, suelo y agua. Esto se logrará incrementando la cobertura de recolección de los residuos sólidos generados; Como parte de un plan estratégico e integral se propone la adquisición de vehículos recolectores nuevos, por lo que a continuación se presenta el cálculo realizado para conocer el costo por tonelada por kilómetro para estos nuevos vehículos.

Se proponen vehículos de recolección de 10 m3 de capacidad con una capacidad de compactación de 200 kg/m3, tomando en cuenta el costo del combustible de los

vehículos, el aceite, el seguro, el mantenimiento, su depreciación, y el salario del personal que se requiere para prestar el servicio, un operador y dos ayudantes.

Para poder obtener el costo que representa el servicio del vehículo de recolección por kilometro y por cada hora en la jornada laboral, se tomó en cuenta una velocidad promedio de 30 km/hr. En la tabla 3.8 se muestra el cálculo del costo para los vehículos de recolección que se sugieren sean adquiridos, el cual es de 254.9 pesos por hora, lo que

permite realizar el cálculo del costo de traslado de una tonelada de residuos por kilometro que es igual a 2.83 $\$/(\text{km} \cdot \text{ton})$

Tabla 3.8 Cálculo del costo por hora de un vehículo recolector de 10 m³

Camión Recolector	
	\$
Costo inicial	700000
Operador	4862
Macheteros	7480
Combustible	113.52
Aceite	1.3
Depreciación	63.71
Seguros	13.46
Costo por hora	254.92

El cálculo que permita conocer la distancia económica que justifique la construcción de la estación de transferencia, se realiza conociendo el costo por kilometro por tonelada de un vehículo de recolección y el costo por kilometro por tonelada de un vehículo de transferencia.

El conocer el costo de la inversión inicial para la implementación de la transferencia de residuos en la zona de estudio es fundamental para evaluar su factibilidad económica, es por ello que en capítulo 4 se realiza el diseño de ingeniería básica de las instalaciones de la misma, con ello se obtiene una integración de los costos requeridos para su justificación económica

CAPÍTULO 4. DISEÑO PROPUESTO PARA LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA

Selección del tipo de estación de transferencia

Con base en los datos de población y de acuerdo al nivel de ingresos de la zona de estudio se seleccionó una estación de transferencia de carga directa pues el traslado de los residuos sólidos de los vehículos recolectores hacia los vehículos de transferencia son vaciados por gravedad, lo que evita la adquisición de maquinaria adicional que ocasionaría costos importantes en su operación y mantenimiento.

La descripción general de la operación de una estación de transferencia de carga directa empieza con el acceso de los vehículos de recolección que acceden por un carril de desaceleramiento para posteriormente ser pesados y registrados, enseguida pasan a las rampas que los dirigen a un patio de maniobras en donde se encuentran ubicadas las líneas de servicio las cuales cuentan con un número determinado de tolvas en donde descargan los residuos a un vehículo de transferencia por gravedad. Los residuos son depositados en las cajas de los vehículos de transferencia para posteriormente ser despuntados y cubrir la caja con una lona, una vez cubierto el vehículo de transferencia está listo para transportar los residuos a un sitio de disposición final.

En la figura 4.1 se muestra un esquema básico de la descarga de residuos sólidos en una estación de transferencia de carga directa.

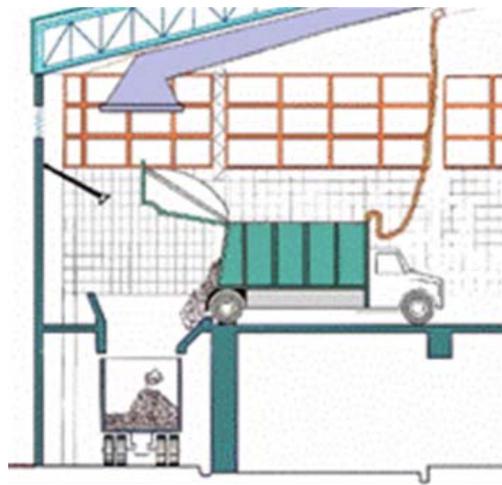


Figura 4.1 Estación de transferencia de carga directa

Fuente: Manual de Estaciones de Transferencia de RS en áreas Urbanas, SEDESOL (1997)

Características del diseño

En cuanto a las características del diseño, la estación requiere de un carril de desaceleración, que permita el acceso de los vehículos de transferencia y de los vehículos encargados de la recolección, de una forma segura y sin afectar el tránsito vehicular a las afueras de la instalación, se requiere además de una rampa de acceso.

La caseta de vigilancia es imprescindible pues asegurará y tomará el control del ingreso y salida de cada vehículo de transferencia, de recolección o particular.

La instalación de una báscula, se considera necesaria pues permitirá el cobro del servicio de la transferencia de residuos sólidos a los particulares, además de permitir un control de las toneladas en movimiento por día de los residuos de cada municipio. El patio de maniobras de vehículos recolectores así como las líneas de servicio se diseñaron con base en la generación calculada de residuos.

La techumbre, el área de despunte a vehículos de transferencia, la salida de vehículos recolectores, el acceso a vehículos de transferencia y la salida de los mismos se diseñaron tomando en cuenta la capacidad estimada de llegada de residuos así como la zona de estudio.

Se requiere además de un taller de mantenimiento y un estacionamiento mínimo que pueda prestar servicio a los recolectores y a los vehículos de transferencia.

En la figura 4.2 se muestra el plano conjunto de la estación de transferencia propuesta.

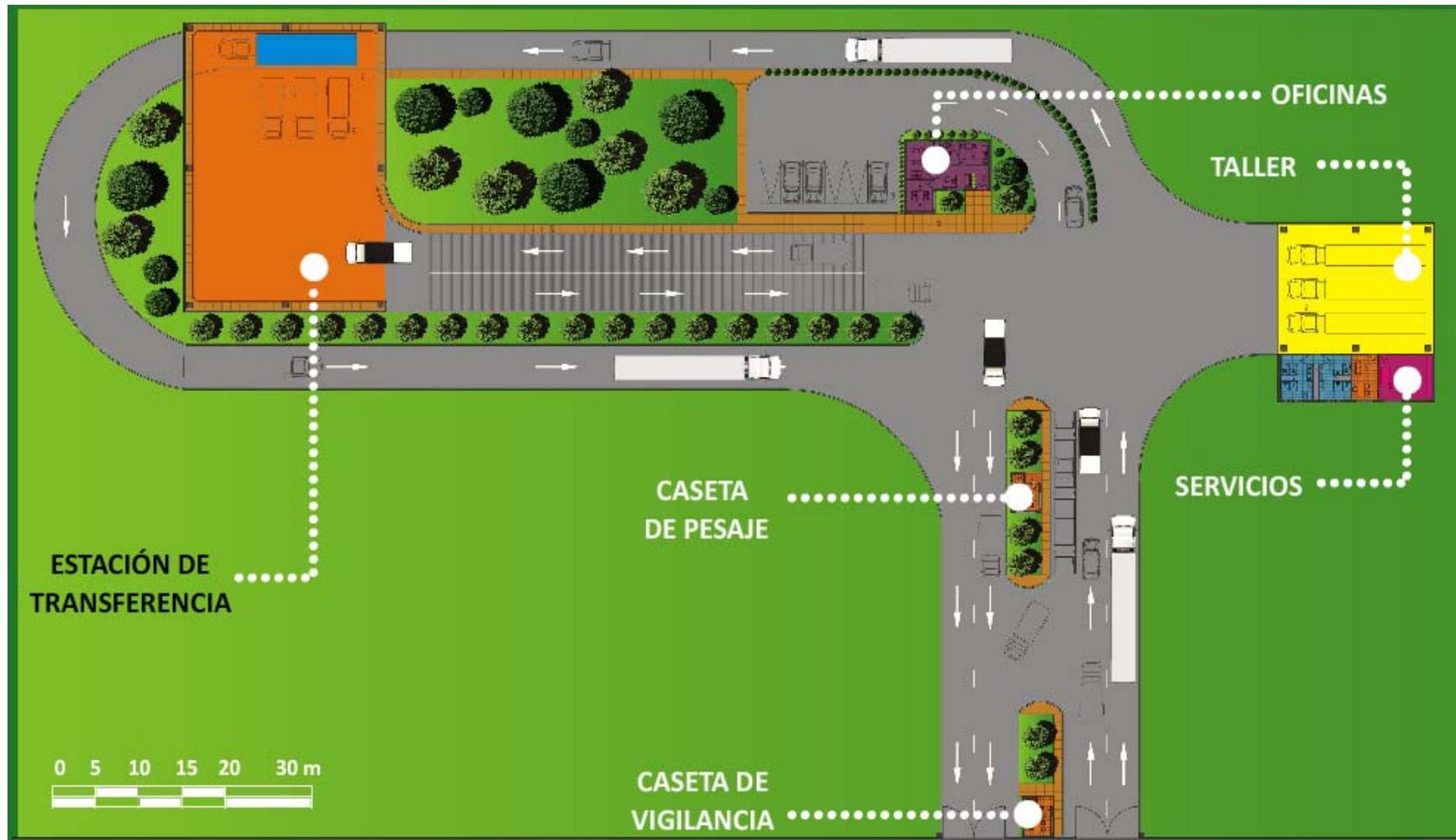


Figura 4.2 Diseño y componentes de la Estación de Transferencia

A continuación se describen de manera general los componentes de la estación de transferencia.

Caseta de vigilancia

La ubicación de esta caseta se localiza en el acceso principal con un área promedio de construcción mínimo de 20 m² es conveniente que en esta caseta se instale sanitario para el personal. El que la estación de transferencia cuente con una caseta de vigilancia es muy importante pues se evitan la entrada de personal y vehículos no autorizados. En la figura 4.3 se muestra el diseño propuesto de la caseta de vigilancia.

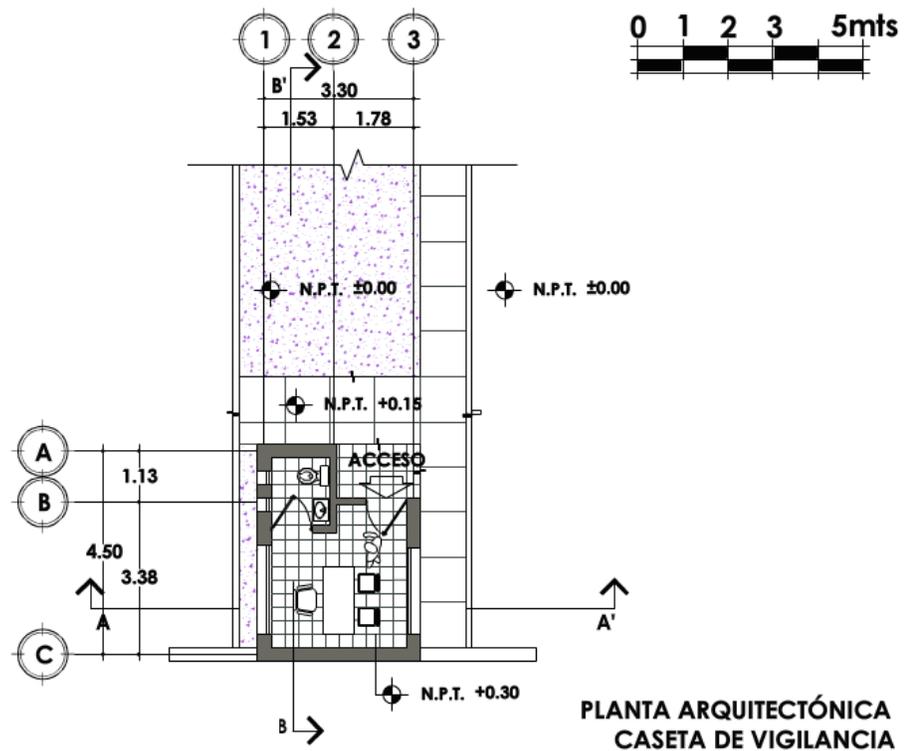


Figura 4.3 Planta arquitectónica, caseta de vigilancia

Caseta de Pesaje

En la figura 4.4 se muestra el arreglo de la caseta de pesaje que servirá en la estación la 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. y para poder llevar un control de la cantidad de residuos que se reciben en la estación, además permitirá poder cobrar a los particulares por el traslado de sus residuos hacia el sitio de disposición final. 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 instalación de este tipo de báscula no requiere de grandes preparativos ya que sólo se necesita un área de 70 m² de suelo sin desnivel.

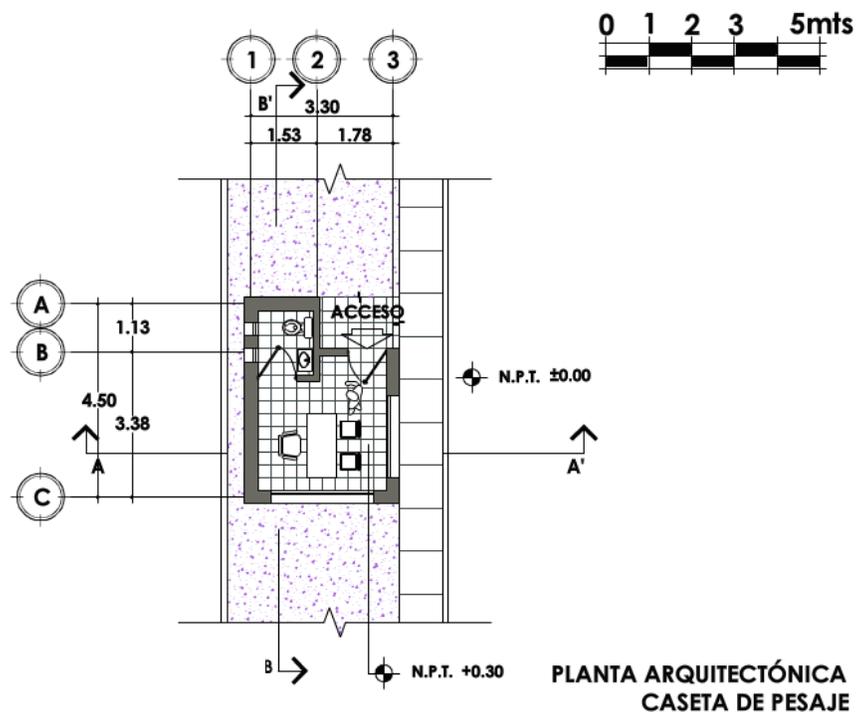


Figura 4.4 Planta arquitectónica, caseta de pesaje

Patio de carga

El patio de carga o patio de maniobras es el sitio en el cual se realizará el acomodo y circulación de los vehículos de transferencia. Su ubicación está por debajo de las líneas de servicio, su altura depende 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, en las figuras 4.5 y 4.6 se muestran el patio de maniobras y la zona de descarga de los vehículos de recolección de la estación de transferencia.

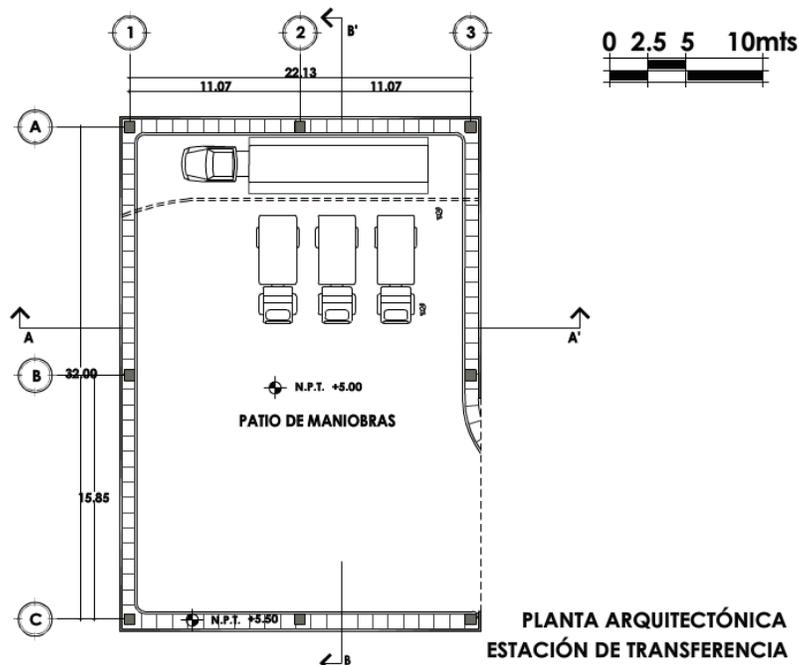


Figura 4.5 Planta arquitectónica, estación de transferencia (patio de maniobras, planta)

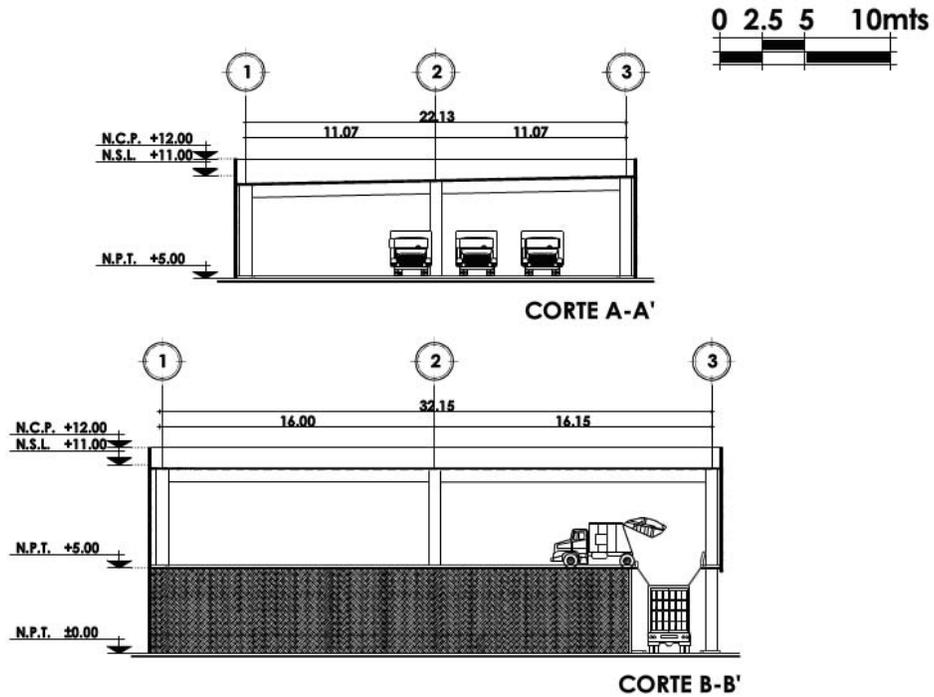


Figura 4.6 Planta arquitectónica, estación de transferencia (patio de maniobras, corte)

Oficinas Administrativas

Las oficinas administrativas son el lugar que se destina al personal que opera la estación de transferencia, es en este lugar en donde se llevarán a cabo las labores de organización y administración en la operación y el mantenimiento de la estación. En el área administrativa se incluyen los siguientes componentes: área de recepción, de espera, secretarial, administrativa, de control de personal, sanitarios y vestidores, archivo y papelería y el área de intendencia. En la figura 4.7 se muestra la planta arquitectónica de las oficinas de la estación de transferencia propuestas.

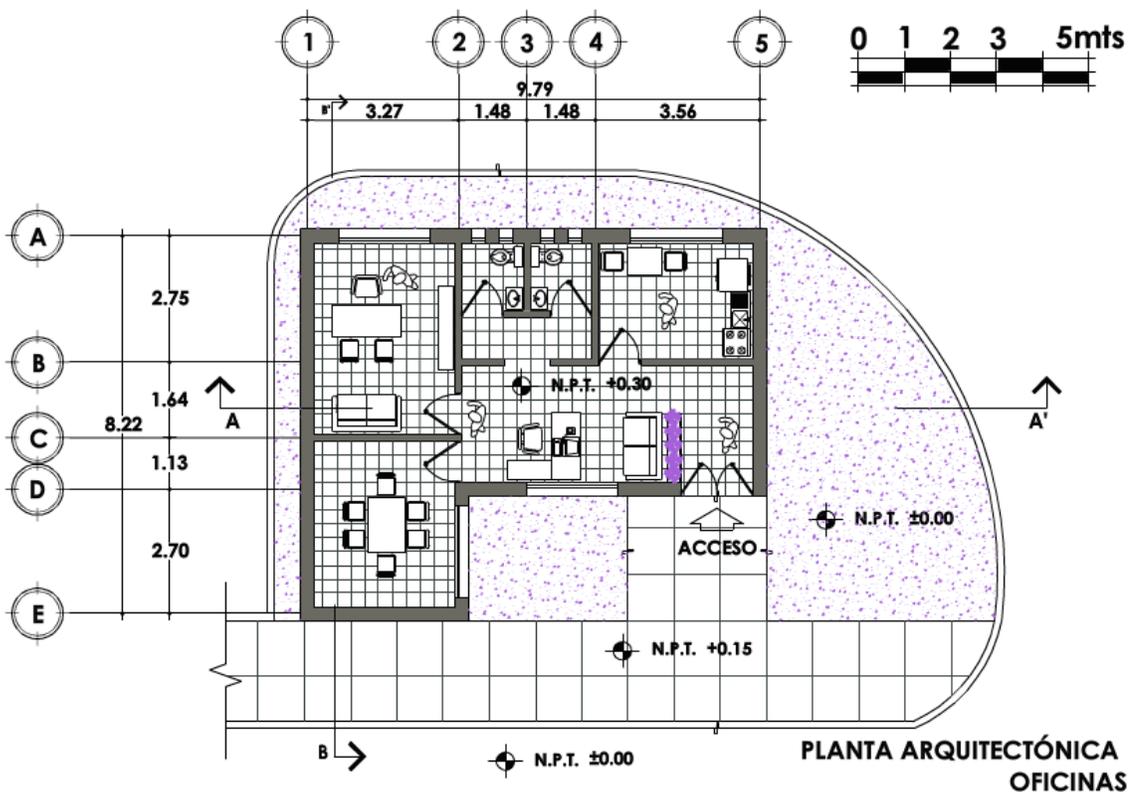


Figura 4.7 Planta arquitectónica, oficinas

Estacionamientos

Son los sitios destinados para los vehículos al servicio de la estación de transferencia, por ejemplo, los vehículos 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.

Taller

El área de talleres en la estación de transferencia es el área que se destina para realizar reparaciones menores a los vehículos de recolección y transferencia y para realizar el mantenimiento rutinario, es un área que cuenta con el equipo e instalaciones necesarias para la realización de vulcanizado, cambio de aceite, reparaciones eléctricas, lavado y engrasado, reparaciones menores en caja y maquinaria, reparaciones menores en carpintería, herrería, instalaciones eléctricas hidráulica y sanitaria, la bodega, por otra parte es el área destinada a depositar instrumentos y herramientas para el mantenimiento de los vehículos de transferencia y de recolección así como para almacenar instrumentos para el mantenimiento de la estación. En la figura 4.8 y 4.9 se muestran el arreglo general del taller del mantenimiento, oficinas y bodegas.

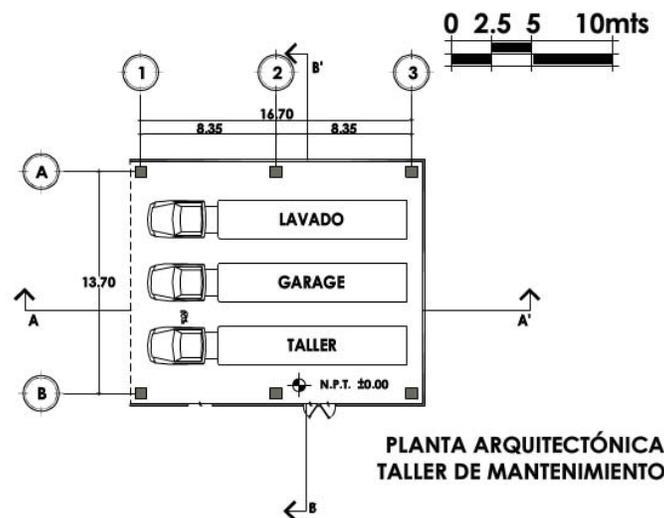


Figura 4.8 Planta arquitectónica, taller de mantenimiento

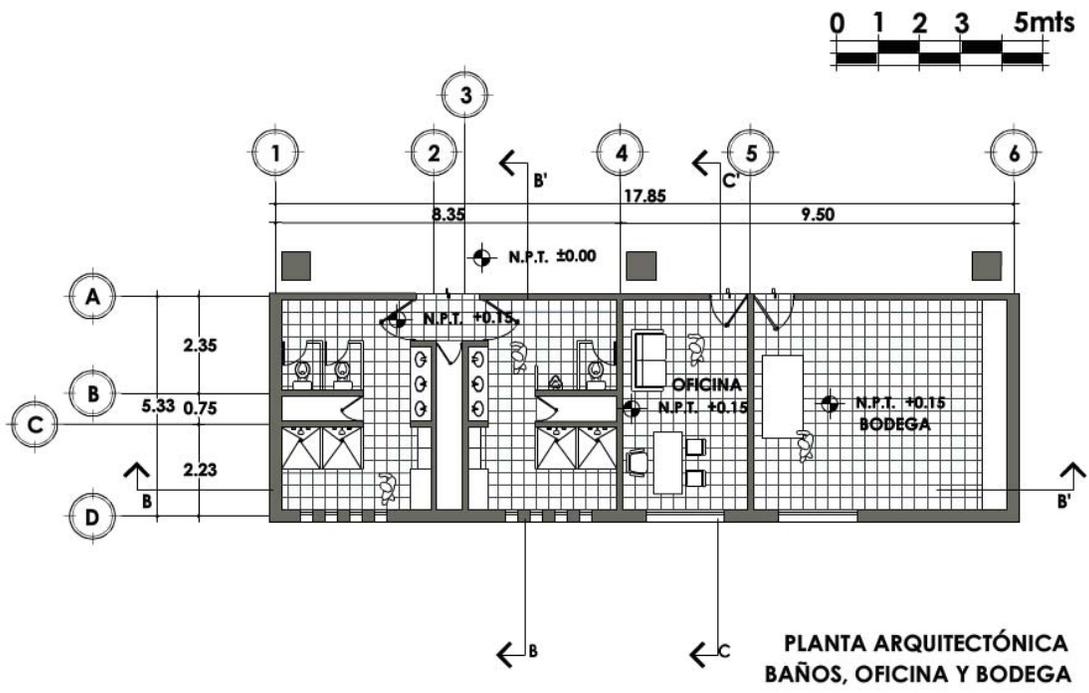


Figura 4.9 Planta arquitectónica, baños, oficina y bodega

En la figura 4.10 se muestra el arreglo general propuesto para la estación de transferencia de residuos sólidos urbanos, con carga de residuos de carga directa.

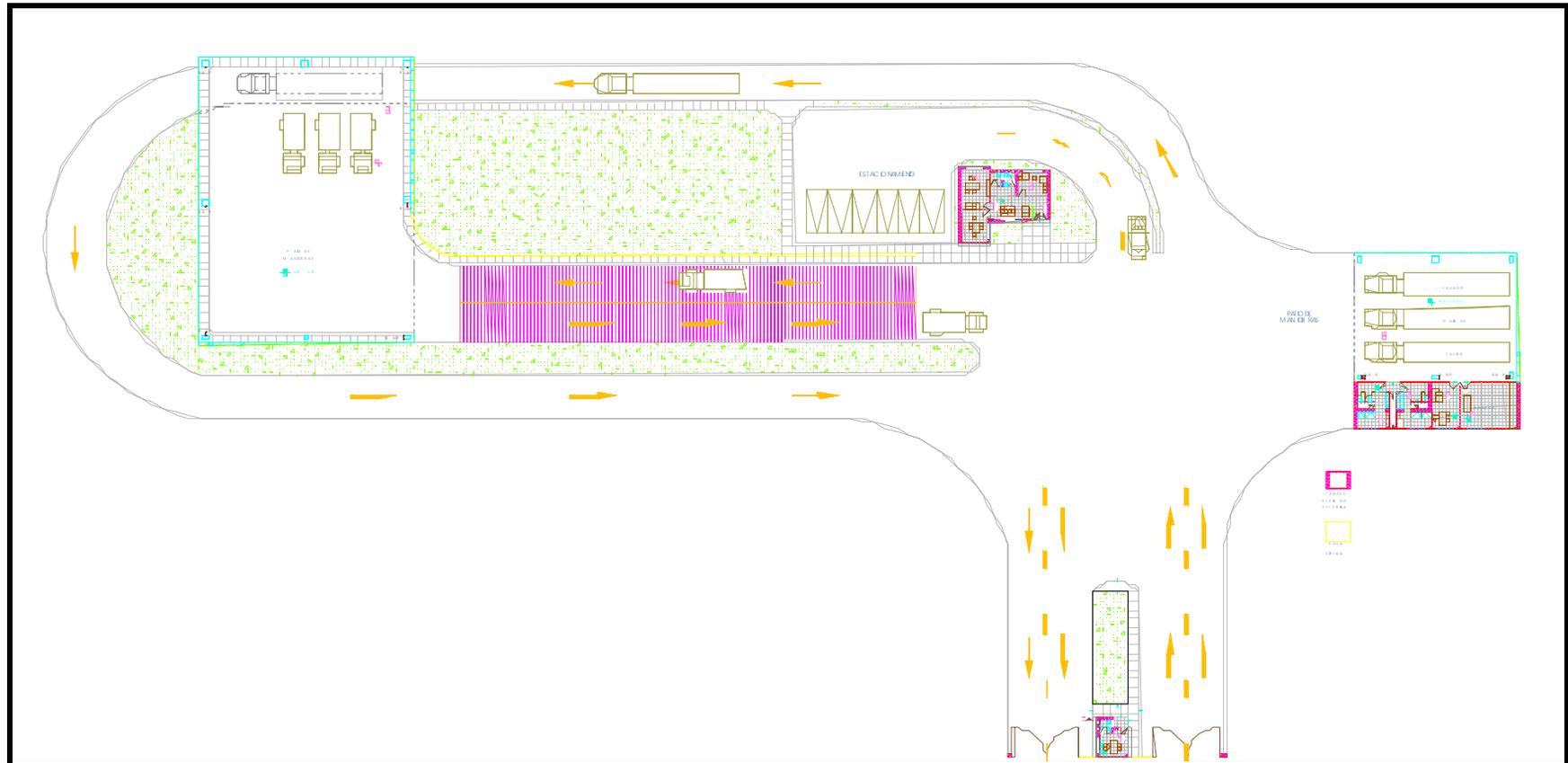


Figura 4.10 Plano en planta del diseño de la estación de transferencia de residuos sólidos urbanos

Costo de la inversión inicial de la estación de transferencia

Obteniendo el costo total de la estación de transferencia y conociendo las distancias de cada municipio al relleno sanitario se puede realizar una evaluación económica, y una evaluación de los sitios probables para ubicar la estación de transferencia.

El costo de la infraestructura de la estación de transferencia se calculó en base a los planos de diseño mostrados en las figuras anteriores; En la tabla 4.1 se muestra el presupuesto de la estación. El presupuesto calculado para la estación de transferencia se realizó con cálculos de precios promedio que existen en el mercado, la realización de un catálogo de conceptos a detalle queda mucho más allá del objeto de este caso estudio.

Tabla 4.1 Presupuesto de la estación de transferencia

Presupuesto Estación de Transferencia	
Preliminares	624, 220
Caseta de Vigilancia	99, 000
Caseta de Pesaje	99, 000
Báscula	700, 000
Patio de Carga	2, 317, 399
Oficinas Administrativas	945, 772
Taller	347, 266
Cerca Perimetral	534, 631
Equipo vehicular	1, 560, 000
Varios	300, 000
TOTAL	\$7,971,447.34

Evaluación técnica-económica del proyecto

Una vez que conoce el costo de la infraestructura, se pueden realizar los cálculos de operación y mantenimiento de la ET, además de calcular los costos de la operación del servicio de recolección de cada vehículo y del vehículo de transferencia, se deben de comparar los costos que implican el movimiento de una tonelada de residuos con cada alternativa, preliminarmente se sabe que existen localidades que no van a requerir del servicio de la estación de transferencia, se debe recordar que el sitio de disposición final se encuentra prácticamente en la cabecera municipal de Tecpan de Galeana y que además el sitio elegido se encuentra sobre la autopista, lo que facilita la disposición de residuos directamente en el relleno sanitario de las localidades más cercanas.

En la tabla 4.2 se muestra el análisis que se hizo para cada localidad, realizando un comparativo entre los costo de operación de los vehículos de recolección y los vehículos

de transferencia,, considerando la inversión inicial y el mantenimiento de la estación, el costo del combustible empleado en un viaje de ida y vuelta y las velocidades promedio de cada vehículo

Tabla 4.2 Análisis de requerimiento del servicio de una estación de transferencia de residuos en la zona de estudio

Poblado		Tiempo	Relleno Tecpan	Velocidad	Costo del Transporte			
		(hh:mm:ss)	Km	Km/hr	\$/Ton n*Km)	\$/Ton Recolector	\$/Ton Transfer	\$/Ton Ahorro
Tecpan	Papanao	00:57:22	62.90	65.79	\$2.49	\$313.52	\$206.50	\$107.03
	San Luis la Loma	00:29:02	36.80	76.05	\$2.16	\$158.68	\$152.76	\$5.91
	San Luis San Pedro	00:29:02	36.80	76.05	\$2.16	\$158.68	\$152.76	\$5.91
	Tecpan	00:09:40	9.60	59.59	\$2.75	\$52.83	\$116.03	-\$63.20
	El Suchil	00:09:40	9.60	59.59	\$2.75	\$52.83	\$116.03	-\$63.20
Benito Juárez	San Jerónimo	00:09:00	12.50	83.33	\$1.97	\$49.19	\$444.52	-\$395.33
Atoyac	Atoyac	00:11:14	14.60	77.98	\$2.10	\$61.39	\$122.16	-\$60.76
	Paraíso	01:14:50	61.20	49.07	\$3.34	\$408.98	\$242.78	\$166.21

En la tabla anterior se observan cuales son las localidades que van a requerir del servicio de transferencia de residuos sólidos urbanos para las localidades El Suchil pertenecientes al municipio de Tecpan de Galeana, la misma cabecera municipal de Tecpan, San Jerónimo, perteneciente al municipio Benito Juárez y para la cabecera municipal de Atoyac de Álvarez, no es necesario la transferencia de los residuos, pues el sitio de disposición final está muy cerca de estos lugares.

Para las localidades Papanao, San Luis la Loma y San Luis San Pedro se requiere que sus residuos sean transferidos hacia el sitio de disposición final pues el costo de su traslado en recolectores es muy alto. Es así como económicamente es justificable la construcción de la estación de transferencia de residuos para dichas localidades.

CAPÍTULO 5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

En condiciones ideales, las estaciones de transferencia deberían localizarse de forma que se minimicen los costos del transporte, su ubicación preferentemente debe de estar tan cerca como sea posible del centro de gravedad geográfico de las zonas de generación de residuos sólidos a las que servirá, con fácil acceso a carreteras arteriales importantes, así como cerca de medios de transporte secundarios o suplementarios, además, donde haya una mínima objeción ambiental a las operaciones de la estación y por último donde la construcción y, en su caso, el almacenamiento sea lo más económico posible. En la figura 5.1 se muestran las localidades que se encuentran sobre la autopista Acapulco-Ixtapa, Zihuatanejo, desde Tecpan de Galeana hacia Atoyac de Álvarez.



Figura 5.1. Localización de las localidades Atoyac de Álvarez-Tecpan de Galeana

Fuente: Archivo propio

La definición de centro de gravedad geográfico de una determinada región con problemas en el servicio de recolección de residuos sólidos es el punto de partida para el establecimiento de la estación de transferencia, la condición 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. Por lo tanto se deberá definir una región factible donde pueda instalarse la estación, considerando las alteraciones que el centro de gravedad geográfico pueda sufrir, como por ejemplo, la ubicación de los sitios de encierro de los equipos de recolección o bien, las desviaciones o desplazamientos que pueda sufrir dicho centro de gravedad al agregar las variables geográficas u otro tipo de variables que pueden ser la densidad de población, la generación de residuos sólidos urbanos, las pendientes promedio del terreno, la traza urbana de la localidad, la cercanía con aéreas forestales o cualquier otra consideración particular de la localidad o localidades en estudio.

La determinación del centro de gravedad geográfico 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 el caso del presente trabajo, se tienen tres zonas por analizar, los tres municipios a los que la estación o estaciones darán servicio, Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana. En el capítulo 3 se realizó la proyección poblacional y la proyección de generación de residuos para cada municipio, así mismo se calculó el porcentaje de cobertura de recolección de los residuos generados.

Caracterización del área de estudio

Atoyac de Álvarez

Localización: el municipio de Atoyac de Álvarez se localiza al suroeste de la capital del Estado, en la región Costa Grande, hay aproximadamente, 84 Kilómetros de distancia de Acapulco a la cabecera municipal sobre la carretera Acapulco-Zihuatanejo. La cabecera municipal se encuentra a 200 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con los municipios de San Miguel Totolapan, Ajuchitlán del Progreso y Heliodoro Castillo; al sur con el municipio de San Jerónimo; al este con Coyuca de Benitez y Chilpancingo y al oeste con el de Tecpan de Galeana.

Se encuentra ubicada en los paralelos 17°03' y 18°32' de latitud norte, y los 100°05' y 100°34' de latitud oeste respecto del meridiano de Greenwich.

Colinda al norte con los municipios de San Miguel Totolapan, Ajuchitlán del Progreso y Heliodoro Castillo; al sur con el municipio de San Jerónimo; al este con Coyuca de Benitez y Chilpancingo y al oeste con el de Tecpan de Galeana.

Extensión: tiene una extensión territorial de 1,638.4 kilómetros cuadrados que representan el 2.6% de la superficie estatal.

Principales Localidades: La cabecera municipal es Atoyac de Álvarez y cuenta con 18,561 habitantes, en el municipio se cuenta con 132 localidades. Considerando su número de habitantes, las localidades más importantes son las siguientes: El Paraíso con 4,499 habitantes, El Ticui con 2,975 habitantes, Zacualpan con 2,452 habitantes y Cacalotla con 2,393.

Orografía: el municipio es montañoso en la parte norte, sobre la sierra Madre Occidental se hayan las elevaciones conocidas como el cerro de Teotepec o montaña de Dios, considerado el más alto del Estado, que alcanza una altitud de 3,705 metros sobre el nivel

del mar, Cabeza de Venado a 2,160 metros; Pataguas a 1,800 metros; El Plateado 1,650 metros, cerro Del Prieto 1,600 metros y la Silleta a 1,440 metros.

Hidrografía: El terreno municipal se encuentra regado por los recursos hidrológicos siguientes: El río Atoyac principalmente, con un escurrimiento anual de 835.6 millones de metros cúbicos y una cuenca de captación de 914 de Kilómetros cuadrados cuya desembocadura se encuentra en el océano pacífico, también están entre los recursos del municipio, los ríos del Chiquito y la Pintada; Entre los arroyos están el Santiago, el Camarón, el Paraíso, las Delicias y otros, por otro lado cuenta con una obra muy importante en cuanto a captación se refiere, la presa de Atoyac que recibe las aguas de la laguna Mitla.

Clima: los climas predominantes en el municipio son los sub húmedos cálidos y sub húmedos semi cálidos, con temperaturas que oscilan entre 28°C a 30°C y régimen de lluvias que abarcan los meses de junio, julio, agosto y septiembre, cuya precipitación promedio anual es de 1,236 milímetros; la dirección de los vientos presenta ligeras variaciones pero en general es de suroeste a noroeste.

Principales Ecosistemas

Flora: Es de tipo baja y mediana caducifolia caracterizada por sus especies que son de talla baja y de grandes cactáceas de tallos cilíndricos; ejemplo de ellos, los que se localizan en la sierra como: Mariposas, pitos, pascuas, lirios, palo de arco, vara de estrella, zolozhochelt y peinetas en los bajos, ósea en la zona cálida cascalosuchelt primaveras, clavellinas, bocotes, crisólitos o San Juan y quiebraplatos, además existen bosques de pino, y de encinos.

Fauna: esta es abundante principalmente en la zona norte, en las estribaciones de la sierra en donde se encuentran: Tigrillos, tigres, pumas, leones, venados, panteras, onzas, jabalí, martas, tejones, víboras de cascabel, víboras sordas, coralillas, jicamillas, boa, azotadora, escorpión, lagartos, lagartijos, iguana verde, prieta (éstas comestibles), águilas, zopilotes, búhos, lechuzas, tucanes, margaritas, gallinas, pico de oro, urracas, hurraquillas, pájaros mayo, chachalacas, gavilanes, jilgueros, gorriones, primaveras, calandrias, guacos, cotorras, pericos, y otras. Además de una variedad de palomas.

Características y Uso de Suelo: Respecto a los tipos de suelos en el municipio predominan los Chernozem o negros, café grisáceo, café rojizo, y amarillo bosque, estepa, praire o pradera con descalcificación, además de dominar las rocas graníticas en las cuales vienen depósitos de tungsteno en variedad de suelita. También se localizan terrenos salitrosos bañados por las aguas de la Laguna de Mitla., existen mantos de piedra caliza de donde se obtiene cal y mantos de arcilla que es aprovechado para la fabricación de ladrillos, tejas y utensilios de cocina como cazuelas, ollas, tinajas y cómales.

Evolución Demográfica: de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la población total del municipio de Atoyac fue de 61,736 habitantes, de los cuales 30,159 son hombres y 31,577 mujeres, representando el 48.7% y 51.3% respectivamente. La población total del municipio representa el 2.00 por ciento con relación a la población total del Estado.

Servicios Públicos: el Ayuntamiento proporciona a la población los siguientes servicios: Seguridad pública, alumbrado a calles pavimentadas, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, drenaje y panteón.

Medios de Comunicación: los medios de comunicación están concentrados principalmente en la cabecera municipal cuenta con los servicios de administración de correos, administración de telégrafos, aparatos automáticos de teléfonos y agencias de correos, algunas localidades cuentan con servicios de correos.

Vías de Comunicación: la carretera federal número 200 cuenta con infraestructura caminera que está construida por 80 kilómetros de caminos pavimentados y 242.5 kilómetros de caminos rurales que comunican a diferentes localidades.

Benito Juárez

Localización: el municipio de Benito Juárez se encuentra localizado al suroeste de Chilpancingo, entre los paralelos 17°00' y 17°11' de latitud norte y los 100°26' y 100°34' de longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich, limita al norte con Atoyac de Álvarez; al sur con el océano Pacífico; al este con Coyuca de Benítez y al oeste con Tecpan de Galeana.

Extensión: cuenta con una extensión territorial de 284.9 kilómetros cuadrados que representan el 0.45 por ciento de la superficie total del Estado.

Principales Localidades: El nombre de su cabecera municipal es San Jerónimo de Juárez y cuenta con 6,964 habitantes, en el municipio se cuenta con 48 localidades. Considerando su número de habitantes, las más importantes son las siguientes: Hacienda de Cabañas con 2,235 habitantes, Arenal de Álvarez con 1,581, Las Tunas con 1,490 y Arenal de Gómez (primer arenal) con 1,150 habitantes.

Orografía: presentan dos tipos de relieves: Uno lo constituyen las zonas planas que abarcan el 90 por ciento de superficie, la otra forma la componen las zonas semiplanas que ocupan el 10 por ciento del territorio municipal. Las principales elevaciones que

tienen son: Los cerros del occidente el de La Loma Pelona; la altura sobre el nivel del mar varía de 0 a 250 metros.

Hidrografía: el territorio está regado por el río Atoyac fundamentalmente, y el sistema hidrológico más importante es la laguna Mitla; además cuenta con litorales sobre la vertiente del océano Pacífico.

Clima: tiene el clima cálido subhúmedo; la temperatura promedio es de 32°C la máxima y 23°C la mínima; el régimen de lluvias comprende los meses de junio y septiembre con una precipitación media anual de 1,000 milímetros. Los vientos dominantes provienen del norte, los que llegan del mar provocan la baja temperatura. Los vientos huracanados vienen del suroeste y registran velocidades de hasta 125 kilómetros por hora.

Principales Ecosistemas

Flora: la vegetación la compone la selva baja caducifolia, su característica principal es de que en época de secas tiran las hojas; también presentan los hamelares, estos son arbustos cuyas hojas, frutos y corteza se emplean en la tenería. Las especies más comunes que existen son: Espinos, timuene, sasanil, cause, anate, cacahuananche, parota, bocote.

Fauna: en lo referente a la fauna se encuentran especies como el venado, tigre, gato montés, conejo, tlacuache, mapache, coyote, armadillo, zorrillo, víbora, coralillo, paloma, zopilote, chapulines, insectos, diversas variedades de pájaros, gavilán, etc. La fauna acuática se constituye por la, trucha, pargo, charro, robalo, jurel y jaiba.

Recursos Naturales: Sus principales recursos naturales son su flora y su fauna que es muy variada, así como sus recursos hidrológicos entre los que se encuentran sus ríos, arroyos y lagos, y principalmente los recursos provenientes de sus playas y de su mar abierto; asimismo los suelos del municipio son muy aptos para el desarrollo de la agricultura y ganadería.

Características y Uso del Suelo: los suelos que constituyen el municipio están formados por tierras arcillosas en la parte norte, mientras que en el centro se presentan pradera con descalcificación, con alto contenido de nitrógeno potasio y fósforo, esto es debido a que la topografía es casi en su totalidad plan con bastante humedad apta para la agricultura y ganadería, esta última actividad en los suelos estepa praire o pradera con descalcificación.

Evolución Demográfica: de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio de Benito Juárez fue de 15,448 habitantes, de los cuales 7,520 son hombres y 7,928 mujeres, representando el 48.9 por ciento y 51.1 por ciento respectivamente. La población total del municipio representa el 0.50 por ciento con relación a la población total del Estado, la densidad de población en el municipio es de 54.22 habitantes por kilómetro cuadrado.

Vivienda: de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al 2000 con 4,065 viviendas ocupadas de las cuales 3,544 disponen de agua potable, 2,747 cuentan con drenaje y 3,845 cuentan con energía eléctrica, representando 87.2%, 67.6% y 94.6% respectivamente.

El material utilizado para la construcción de viviendas en paredes es: adobe, tabique o piedra; además se usa barro o bajareque; los techos pueden ser de teja, de lámina de cartón, de losa; los pisos: de cemento o firme y de tierra.

Servicios Públicos: con relación a la dotación de los servicios públicos básicos, la cobertura poblacional de los servicios es : 75% agua entubada, 90% con energía eléctrica y 43% cuentan con drenaje.

Medios de Comunicación: se cuenta con establecimientos postales, establecimiento telegráfico, líneas telefónicas y unidades del servicio público de transporte. También llegan al municipio diarios de comunicación como El Sol de Acapulco, el Novedades de Acapulco y Diario 17.

Vías de Comunicación: se comunica a través de la carretera federal número 200 por 28.3 kilómetros de carreteras revestidas, además cuenta con la infraestructura caminera que está constituida por 17 kilómetros de caminos pavimentados que comunica a varias localidades con 19.9 kilómetros de camino rural.

Por lo que respecta al servicio de transportes la cabecera municipal cuenta con taxis y autobuses que dan servicio foráneo; el servicio urbano está constituido por camiones de carga y mudanza, camiones para carga de materiales de construcción y transporte colectivo. En cuanto al transporte rural el municipio cuenta con autobuses y camionetas que dan servicio a diferentes localidades.

Tecpan de Galeana

Localización: el municipio de Tecpan se encuentra localizado a 120 metros sobre el nivel del mar, al suroeste de Chilpancingo, entre los paralelos 17°07' y 17°42' de latitud norte y en los 100°28' y 101°06' de longitud oeste respecto del meridiano de Greenwich. Colinda al norte con Coyuca de Catalán y Ajuchitlán del Progreso; al este con Atoyac de Álvarez y Benito Juárez; al sur con el océano Pacífico y al oeste con Petatlán.

Extensión: cuenta con una superficie de 2,537.8 kilómetros cuadrados que vienen a representar el 3.98 por ciento respecto al territorio total del Estado.

Principales Localidades: cabecera municipal. Su nombre es Tecpan de Galeana y cuenta con 17,884 habitantes. En el municipio se cuenta con 423 localidades. Considerando su

número de habitantes, las más importantes son las siguientes: San Luís de la Loma con 4,981 habitantes, El Suchil con 4,554, San Luís San Pedro con 4,373 y Papanoa con 3,810 habitantes.

Orografía: la orografía está conformada por tres tipos de relieve: Las zonas accidentadas están compuestas en un 74% del territorio, localizadas en la sierra Madre del Sur, las cuales están cubiertas por bosques forestales; las zonas semiplanas abarcan el 11 por ciento de superficie, localizadas en la parte donde se inicia la montaña, formadas por lomeríos donde se ubican pequeñas áreas cultivables; las zonas planas se componen de 15% de la superficie municipal, es conocida como faja costera la cual tiene una longitud de 75 kilómetros aproximadamente y una amplitud de 12 kilómetros cuadrados.

Entre sus principales elevaciones destacan los cerros de la Loma, Llorón, Letrados y Severiana.

Hidrografía: los recursos hidrológicos se basan en los siguientes ríos: Tecpan, el cual tiene una cuenca de captación de 1,363 kilómetros cuadrados, con un volumen de 1,094 millones de metros cúbicos, desemboca en la laguna de Bocachica. En el río Nuxco tiene una cuenca de 260 kilómetros cuadrados, desemboca en la barra de Nuxco. El río Zihuatlán, Grande o San Luís, atraviesa los poblados de San Luís La Loma y San Luís San Pedro, tiene una cuenca de captación de 914 kilómetros cuadrados, un volumen de escurrimientos de 718 millones de metros cúbicos y desemboca en el estero la Barra y el Tular.

Clima : presenta en la parte alta el tipo de clima semicálido-subhúmedo, mientras que en la parte baja el cálido-subhúmedo; la temperatura anual está registrada en 26.6°C, los meses más calurosos tanto en la parte baja como en la parte alta son abril y mayo, registrando temperaturas máximas de 40°C. En época de frío, diciembre y enero alcanzan los 17° centígrados.

El régimen de lluvias comprende los meses de junio a octubre en la parte baja, con precipitación pluvial promedio de 950 milímetros. En la parte media y alta las lluvias abarcan los meses de mayo a noviembre con una precipitación media anual de 1,250 milímetros.

Principales Ecosistemas

Flora: la vegetación la compone la selva baja caducifolia, que se caracteriza por que la mayoría de los árboles tiran las hojas en época de secas, presenta también especies de pino y encino en la parte de la sierra, además en las orillas de las lagunas y desembocaduras de los ríos es común encontrar existencia de selva mediana y una para mínima de manglar.

Fauna: la fauna se encuentra representada por especies variadas como: Venado, tigrillo, gato montés, coyote, tejón, armadillo, iguana, ardilla, onza, águila, perico, garza, tlacuache, jabalí, rata, víbora, paloma, insecto, tortuga, pájaro, zorrillo y alacrán.

Recursos Naturales: las principales especies de explotación son: Encino, pino, ayacahuite, magnolia, ocote y cedro.

Características y Uso del Suelo: los tipos de suelo localizados en zonas planas son los aluviales o de acarreo, presentan color café grisáceo o café rojizo y amarillo bosque, chernozem o negro y estepa praire o pradera con descalcificación, en la parte media y alta la montaña aparecen los suelos de color variado, gris amarillo, crema rojizo, etcétera, con textura formada en totalidades de migajón arenoso y arenoso con grava.

La mayor cantidad del suelo está destinada para labores de agricultura, seguido en importancia de la destinada para la explotación de la ganadería y por último está considerada una porción de superficie para la actividad forestal.

La superficie censada por la Secretaría de Reforma Agraria (SRA) es de 253,700 hectáreas, de las cuales el 79.5 % es ejidal, el 6.9 % en la pequeña propiedad.

La agricultura cuenta con una superficie de 33,067 hectáreas de las cuales el 72.6 % son de temporal, el 1.2 % de riego y el 26.2 % de humedad. En cuanto a la actividad ganadera se destinan 91,333 hectáreas y por lo que respecta a explotación forestal existen 77,414 hectáreas.

Evolución Demográfica: en 1990, la población por grupo de edad, de 0 a 14 años es de 40.3 por ciento, de 15 a 64 años es de 54.7 por ciento, de 65 años a más de 4.7 por ciento y no especificado es de 0.3 por ciento. De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la población total del municipio de Tecpan de Galeana fue de 60,313 habitantes, de los cuales 29,886 eran hombres y 30,427 mujeres, la densidad de población por kilómetro cuadrado es de 23.76 habitantes.

Vivienda : de acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el municipio cuenta al 2000 con 14,204 viviendas ocupadas de las cuales 11,604 disponen de agua potable, 7,826 cuentan con drenaje y 12,911 cuentan con energía eléctrica, representando 81.7%, 55.1% y 90.9% respectivamente.

Servicios Públicos: el Ayuntamiento proporciona a la población los servicios de: Seguridad pública, alumbrado público, jardín público, calles pavimentadas, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, transporte, panteón, central de abasto y mercado municipal.

“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”

Medios de Comunicación: en cuanto a servicios cuenta con transporte foráneo (autobuses), en lo interior se cuenta con el servicio de transporte colectivo: Taxis, microbuses, combis y camionetas de mudanzas. Además cuenta con la carretera federal número 200.

La cabecera municipal cuenta con: Administración de correos, agencia de correos, administración de telégrafos y teléfonos automáticos; en su mayoría, las localidades cuentan con algunos de estos servicios.

Vías de Comunicación: en cuanto a las vías de comunicación, se cuenta con una infraestructura caminera de 124.2 kilómetros de los cuales 75 kilómetros son pavimentados y 49.2 kilómetros de terracería.

Servicios: el Ayuntamiento proporciona a la población, los siguientes servicios: seguridad pública, alumbrado público, jardín público, calles pavimentadas, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, transporte, panteón, central de abastos, mercado municipal.

Temperatura media anual: en la figura 5.2 se observa la temperatura media para la zona en estudio cuyo valor se encuentra entre los 22 y 28 °C (INEGI).

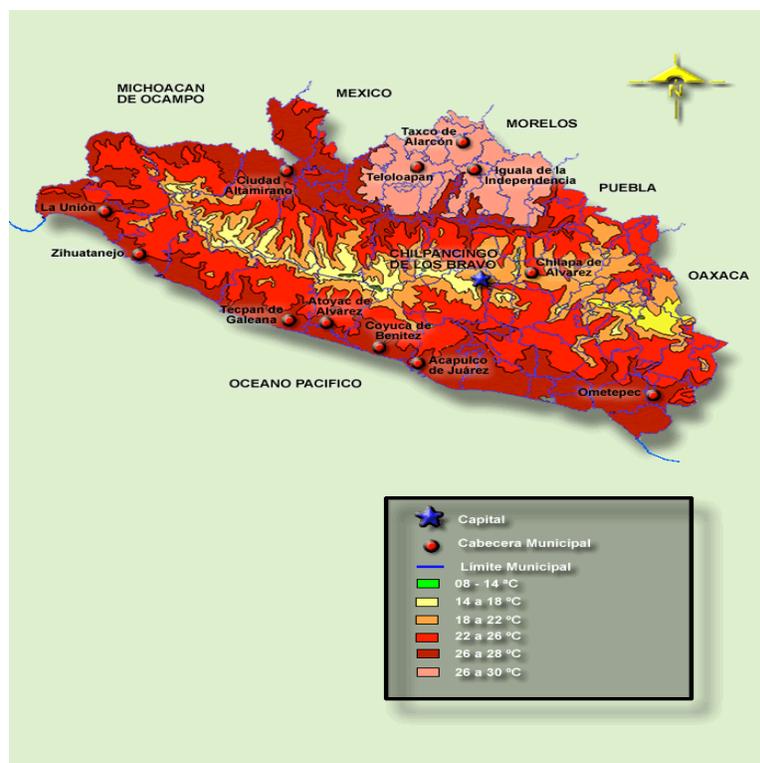


Figura 5.2 Mapa de temperatura media anual

Fuente: INEGI

Precipitación promedio anual: Como se puede observar en la figura 5.3 la precipitación promedio anual para la zona en estudio se encuentra entre 1200 y 1500 mm (INEGI), estos valores están directamente relacionados a las altitudes y climas de la entidad, de esta forma podemos apreciar que las zonas que reciben mayor precipitación son precisamente las partes más altas o bien cercanas a la costa y las de menores registros hacia la parte noroeste y noreste del estado que se identifican con los climas seco y semiseco.



Figura 5.3 Mapa de precipitación promedio anual

Fuente: INEGI

Criterios para definir la región factible de la ubicación de la estación de transferencia

Cálculo del centro de gravedad geográfico de la estación de transferencia

Como se menciona anteriormente el principal propósito de la implementación de la transferencia de residuos sólidos es el incremento en la eficiencia del servicio de recolección, logrando la disminución de costos y tiempos de transporte, al mismo tiempo que la reducción de tiempos muertos de mano de obra, es por ello que su ubicación es básica para la obtención de un buen servicio justificando además las ventajas económicas que conlleva una instalación de esta naturaleza.

La región factible para la instalación de una estación de transferencia debe considerar las alteraciones que el centro de gravedad geográfico pueda sufrir debido a las restricciones particulares del sistema o región por atender, como la densidad de población, la generación de residuos sólidos, la traza urbana de la localidad, la cercanía con áreas forestales etc. Es importante recordar que la premisa fundamental es que una instalación de este tipo debe de quedar lo más cerca posible al centro de gravedad geográfico de la región por atender.

Para determinar el área factible en donde se ubicarán las estaciones de transferencia se evaluaron cuatro distintos aspectos:

- Población
- Generación
- Vialidades
- Factores Ambientales

Para cada uno de estos factores se obtuvo un centro de gravedad con el cual se determinará un área factible tanto para la estación que prestará servicio a las localidades de Tecpan de Galeana como para la estación que prestará servicio a El Paraíso, una vez que se tengan ubicadas las coordenadas se localizará el predio para su construcción.

Población

Se requiere realizar la determinación de un centroide con base en la densidad de población de la zona de estudio, por las condiciones que se presentan en los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, se tomaron las poblaciones de las cabeceras municipales y de las localidades de cada municipio que cuenten con más de 3000 habitantes, por otra parte, como nuestra vía de comunicación primaria es la autopista 200 Acapulco-Zihuatanejo, se consideraron las localidades que están sobre dicha vialidad, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de coordenadas del centroide para la estación de transferencia. En la tabla 5.1 y 5.2 se observa el cálculo del centroide para la ubicación de la estación de transferencia utilizando como factor el de población.

Para obtener el centroide bajo el criterio de población, se asumió que toda la población se concentraba en el centro geométrico de cada localidad, posteriormente se determinaron la latitud y longitud de cada uno de estos centros en coordenadas UTM, para poder obtener las coordenadas del centroide como un promedio pesado con respecto a la población de las coordenadas de todos las poblaciones que utilizarán la Estación de Transferencia.

Tabla 5.1 Ubicación del centroide bajo el criterio de Población (Tecpan de Galeana)

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE
ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y TEPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Ubicación Tecpan (Población)						
Poblado		Población Hab	UTM		UTM*Hab	
			X	Y	X*Hab	Y*Hab
Tecpan	Papanao	4,261.75	283,489	1,916,691	1,208,158,267.80	8,168,451,257.22
	San Luis la Loma	5,571.59	299,742	1,909,216	1,670,039,660.93	10,637,369,608.79
	San Luis San Pedro	4,891.50	299,742	1,909,216	1,466,188,202.62	9,338,931,399.16
		14,724.84	Centroide		295,037.96	1,911,379.46

Tabla 5.2 Ubicación de centroide bajo el criterio de Población(Atoyac de Álvarez)

Ubicación Atoyac (Población)						
Poblado		Población Hab	UTM		UTM*Hab	
			X	Y	X*Hab	Y*Hab
Atoyac	Paraíso	6,120	369,145	1,918,150	4,344,681,169.30	28,146,663,644.63
		6,119.72	Centroide		709,947.32	4,599,335.99

Generación

Para poder delimitar el área para la ubicación de la estación de transferencia mediante el cálculo de un centroide en relación a la generación , en este caso en coordenadas UTM, se realizó calculando solo los residuos de las poblaciones que van a requerir del servicio de estación y considerando las vialidades primarias, en este caso la autopista 200. En la tabla 5.3 muestra el análisis realizado para la ubicación de la estación de transferencia de Tecpan tomando como factor la generación de residuos sólidos, el procedimiento que se siguió fue el mismo que para el del centroide bajo el criterio de población, solo que en este caso el promedio se realiza tomando en cuenta la generación de residuos por día de cada una de las Localidades.

Tabla 5.3 Ubicación del centroide bajo el criterio de Generación (Tecpan de Galeana)

Ubicación Tecpan (Generación)						
Poblado		Población Ton/día	UTM		UTM*Hab	
			X	Y	X*Hab	Y*Hab
Tecpan	Papanao	3.31	283,489	1,916,691	937,549.92	6,338,847.34
	San Luis la Loma	4.32	299,742	1,909,216	1,295,977.18	8,254,767.02

“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”

	San Luis San Pedro	3.80	299,742	1,909,216	1,137,785.23	7,247,158.43
		11.43		Centroide	295,037.96	1,911,379.46

Es importante recordar que la generación de residuos sólidos está directamente relacionada con actividad económica de cada región, las zonas de residencia, los flujos y los desplazamientos, los sistemas de comunicación están estrechamente vinculados entre sí. Para la obtención de los indicadores básicos de los residuos se deben de realizar una serie de estudios de generación de acuerdo a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, con ello se pueden clasificar las fuentes generadoras en función de la actividad particular que en ellas se desarrollan, de esta forma se obtienen cifras y parámetros indicativos tanto en la cantidad de residuos como en sus características, a partir de estos datos se realiza una estimación de la generación global de la zona de estudio, las cifras manejadas respecto a la generación diaria representarán cantidades promedio que ocurren prácticamente todo el año, la tabla 5.3 muestra el análisis realizado para la ubicación de la estación de transferencia de Tecpan tomando como factor la generación de residuos sólidos.

En la tabla 5.4 se muestra el cálculo del centroide para la estación de transferencia que prestará servicio a la localidad El Paraíso perteneciente al municipio de Atoyac de Álvarez, ya que es una de las localidades más importantes, y debido a las malas condiciones que presenta, principalmente en el camino de acceso, se decidió realizar el análisis independiente, en este caso al no poder realizar un promedio pesado ya que la Estación de Transferencia solo atenderá a una población, se asume que el centroide es el centro geográfico de la población.

Tabla 5.4 Ubicación del centroide bajo el criterio de Generación (Atoyac de Álvarez)

Ubicación Atoyac (Generación)						
Poblado		Población Ton/día	UTM		UTM*Hab	
			X	Y	X*Hab	Y*Hab
Atoyac	Paraíso	4.76	369,145	1,918,150	3,666,350.30	23,752,152.25
		4.76		Centroide	770,626.82	4,992,443.20

En la figura 5.4 se muestra la localización, en coordenadas UTM de la ubicación de las estaciones de transferencia, resultado de la evaluación de la determinación de la región factible bajo el criterio de generación de residuos.



Figura 5.4 Ubicación de las estaciones de transferencia Generación

Fuente: Archivo propio

Vialidades

La metodología consiste en localizar y ubicar la red vial primaria clasificándola en vías rápidas de acceso controlado y avenidas principales, se localizará la red vial secundaria ubicando las calles colectivas y locales asignándoles a cada una un valor de importancia con base en su nivel y flujo vehicular así como su capacidad de tránsito, este factor es de suma importancia debido a que por estas vialidades circularán no solo los vehículos de recolección si no también los vehículos de transferencia, se debe recordar que, de acuerdo al tipo de vialidad existirán o no una serie de restricciones para la circulación por el tipo de vehículos o por horarios determinados

Las vías públicas se clasifican en red vial primaria y secundaria, la red vial primaria son las vías rápidas de acceso controlado, son de alta velocidad y se restringen en horarios diurnos para el tránsito de transporte de carga publico o mercantil, pueden ser utilizadas en los horarios nocturnos siempre y cuando su peso y dimensiones no dañen los pavimentos de estas vías de circulación.

En cuanto a la red vial secundaria, por lo general son calles principales las cuales alimentan a la red vial primaria, transitando sobre ellas volúmenes de tráfico inferiores, las normas de diseño no son tan estrictas como en la red primaria por lo que sobre ellas pueden circular camiones pesados como los vehículos recolectores exclusivamente.

Como parte del trabajo de campo, se realizaron recorridos de caminos de acceso hacia los municipios para obtener las distancias que existen entre el sitio destinado a la construcción del relleno sanitario los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Distancias existentes desde la zona de estudio hacia el relleno sanitario

Distancias al Sitio		
Poblado		Relleno Tecpan
		Km
Tecpan	Papanao	62.90
	San Luis la Loma	36.80
	San Luis San Pedro	36.80
	Tecapan	9.60
	El Suchil	9.60
Benito Juárez	San Jeronimo	12.50
Atoyac	Atoyac	14.60
	Paraiso	61.20

Posteriormente se realizaron los recorridos los cuales se muestran en la tabla 5.6 determinado el tiempo de recorrido y la velocidad promedio hacia la ubicación del relleno sanitario.

Tabla 5.6 Registro de tiempo y velocidad de la zona de estudio al relleno sanitario

Tiempo de recorrido al relleno sanitario			
Poblado		Tiempo (hh:mm:ss)	Velocidad Km/Hr
Tecpan	Papanao	00:57:22	65.79
	San Luis la Loma	00:29:02	76.05
	San Luis San Pedro	00:29:02	76.05
	Tecpan	00:09:40	59.59
	El Suchil	00:09:40	59.59
Benito Juárez	San Jerónimo	00:09:00	83.33
Atoyac	Atoyac	00:11:14	77.98
	Paraíso	01:14:50	49.07

Se considera que la única vía por la cual podrían circular los vehículos de transferencia es la carretera México Zihuatanejo, la cual une a todas las poblaciones analizadas, por lo que se determino la distancia de cada una de las principales poblaciones al sitio de disposición final, la determinación de la ubicación de las coordenadas se muestra en la tabla 5.7 para la estación de Tecpan y en tabla 5.8 para la estación de Atoyac de Álvarez. La velocidad obtenida se utilizó como parámetro para obtener el centroide en relación a las vialidades, al igual que en los dos caso anteriores se obtuvo un promedio pesado de las coordenadas las localidades que utilizarán la estación de trasferencia donde el factor de pesos es la velocidad promedio.

Tabla 5.7 Ubicación del centroide bajo el criterio de Vialidades (Tecpan de Galeana)

Ubicación Tecpan (Vialidades)						
Poblado		Población Km/Hr	UTM		UTM*Hab	
			X	Y	X*Hab	Y*Hab
Tecpan	Papanao	65.79	283,489	1,916,691	18,649,985.23	126,093,988.97
	San Luis la Loma	76.05	299,742	1,909,216	22,795,533.96	145,196,863.19
	San Luis San Pedro	76.05	299,742	1,909,216	22,795,533.96	145,196,863.19
		217.89	Centroide		294,834.71	1,911,472.94

Tabla 5.8 Ubicación del centroide bajo el criterio de Vialidades (Atoyac de Álvarez)

Ubicación Atoyac (Vialidades)						
Poblado		Población Ton/día	UTM		UTM*Hab	
			X	Y	X*Hab	Y*Hab
Atoyac	Paraíso	49.07	369,145	1,918,150	64,535,887.86	418,399,188.29
		49.07	Centroide		1,315,205.78	8,526,744.53

Ambientales

Finalmente se evaluarán los aspectos ambientales más relevantes dentro de los que se encuentran el uso del suelo, ya que este sería un factor determinante para la instalación de la estación. Es necesario delimitar el área de influencia en la que se deben considerar los componentes sociales y ambientales, para establecer la delimitación se sugiere manejar: el área de estudio, el área de proyecto y el área de influencia.

El área de estudio se refiere a la extensión dentro de la cual se realiza el estudio de impacto ambiental, el área de proyecto se refiere a los límites de ubicación del proyecto y el área de influencia es aquella superficie que, por las actividades del proyecto se puede ver afectada fuera de los límites de la obra.

Las condiciones naturales que rodean a la estación son de suma importancia pues la presencia de vegetación amortiguará la percepción de contaminantes, para la evaluación del impacto ambiental se debe tomar en cuenta la identificación general que conforma la zona de estudio, entre los factores que se deben de considerar son: la climatología, tipo de suelo, cuerpos de agua y características del medio biótico así como las características del medio socio económico. Todas estas características se abordaron en el apartado 5.1 del presente trabajo y no encontramos ninguna restricción para la implantación de la estación de transferencia. Es importante mencionar que para la determinación de la estación de transferencia no se realizó un estudio de impacto ambiental.

Al encontrar las coordenadas geográficas de cada uno de los elementos antes mencionados se ubicó el centroide de la estación de transferencia, como podemos observar prácticamente todos los puntos coinciden pues la variación entre la población y la generación prácticamente es nula, por otra parte solo se cuenta con una vialidad primaria. En la figura 5.5 se muestra la ubicación del centroide para la estación de Tecpan de Galeana indicando dos radios para la determinación del sitio, uno a 1 km y uno a 3 km en los que se espera se implemente la estación de transferencia.

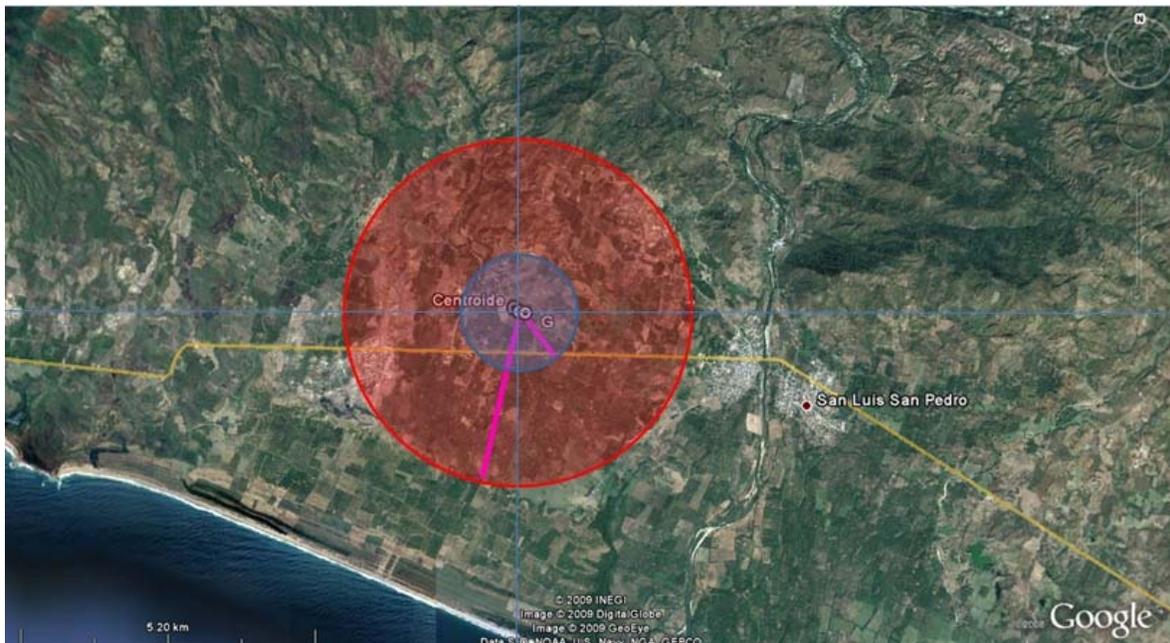


Figura 5.5 Ubicación de la zona factible para la construcción de la estación de transferencia que prestará servicio al municipio Tecpan de Galeana.

CAPÍTULO 6. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Con los datos obtenidos en el estudio de generación se determinó que la fracción orgánica de los residuos sólidos generados por los tres municipios, aproximadamente el 55% de los residuos totales generados, podría estar sujeto a un tratamiento biológico, por lo que se propone el diseño de una planta de composta que preste servicio a los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana.

A continuación se propone el diseño una planta simplificada de compostaje aerobio que pueda operar mediante pilas, allí permanecerá la masa orgánica hasta su bioestabilización, una vez biológicamente estable el material se podrá cribar para ser usado en la preparación de suelos agrícolas.

La composta es la mezcla de materiales orgánicos, en la que se fomenta su degradación y descomposición, la composta se forma por la descomposición de productos orgánicos y proporciona nutrientes al suelo, dentro de un suelo sano la materia orgánica y el humus son esencialmente importantes, la composta que se descompone rápidamente consigue un equilibrio óptimo entre materiales ricos en carbono y nitrógeno.

El principal objetivo de proponer una planta de composta para este caso es el evitar que los residuos que se generan de las actividades de jardinería así como los residuos alimenticios lleguen al sitio de disposición final, con lo que se aumentará la vida útil del mismo.

Compostaje aerobio

Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente, (OPS, 2006).

Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso, (GTZ 2007)

Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada. (OPS, 2006)

En una pila o camellón se deben de distinguir dos regiones o zonas:

La zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes, y la corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza. A los efectos prácticos y utilizando como criterio las temperaturas alcanzadas en el núcleo se pueden diferenciar las siguientes etapas:

Etapas de latencia: es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores. (GTZ, 2006)

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de Oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 °C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs. (FEMISCA, 2009)

Etapas mesotérmica 1 (10-40°C): en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. (FEMISCA, 2009).

La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad-aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores, (FEMISCA, 2009)

Etapas termogénica (40-75°C): la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes que

difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas. Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes, (OPS, 2006)

Etapa mesotérmica 2: con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las parvas. Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso. (GTZ, 2006)

Para que el proceso sea homogéneo, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconfiguraciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descrita se presente por lo general más de una vez.

Desde el punto de vista microbiológico, la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable, las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otras determinaciones se deben realizar en laboratorio (GTZ, 2006)

Sistemas de compostaje

Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es además de transformar los residuos en Compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas), (Barker, 1997)

Sistema en Pilas o Camellones

Camellones, pilas o parvas es la denominación que se le da a la masa de residuos en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. A los sistemas donde se procesa el material mediante la conformación de estas estructuras se le denomina Sistema en Parvas o Camellones.

De acuerdo al método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en:

Sistema en Parvas o Camellones Móviles, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconformación de las parvas y Sistema de Camellones o Parvas Estáticas cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas o canchas de compostaje (métodos Beltsville y Rutgers), que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las pilas, (OPS, 2006).

Sistema en Reactores

Otros procesos de compostaje, no se basan en la conformación de parvas. Los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, que se conocen como Reactores. Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante. Los reactores móviles además, posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo en toda la masa en compostaje, (OPS, 2006).

Este tipo de sistemas, permite acelerar las etapas iniciales del proceso, denominadas incorrectamente “fermentación”. Finalizadas estas etapas activas biológicamente, el material es retirado del reactor y acopiado para que se cumpla la “maduración”. Los sistemas de compostaje en reactores son siempre sistemas industriales. Se aplican en aquellas situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos, y para los cuales sería necesario disponer de superficies muy extensas.

Diseño y operación del sistema de compostaje

Es muy importante cuantificar los volúmenes que se dispondrán para “compostar”, así como la frecuencia de los mismos esto permitirá determinar la necesidad de área de compostaje y determinar la unidad de compostaje.

La unidad de compostaje es la masa de residuos que permitirá la conformación de un camellón y que ingresará al sistema como una unidad independiente del resto.

Cálculo de generación de residuos orgánicos y recepción de residuos destinados a recibir tratamiento biológico

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE
ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Dado que no se tiene una cobertura del 100% de recolección en los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, no podemos esperar que la reducción de residuos para disposición final en el relleno sanitario sea del 55% de los residuos generados totales, además se tiene que considerar que no toda la población separa sus residuos antes de disponer de ellos, así que para poder determinar la cantidad de residuos a tratar biológicamente se estima que solo un 30% de los residuos orgánicos será la fracción que llegue a tratamiento.

Basándonos en las consideraciones antes mencionadas se realizó el cálculo para poder determinar la capacidad de operación de la planta de composta.

En la tabla 6.1 se muestra el cálculo realizado para la determinación de la cantidad de residuos a ser tratada es de 6 toneladas diarias, con base en esto se dimensionó la capacidad de recepción y se calculó el área total que ocupará la planta de composta.

Tabla 6.1 Determinación de residuos sólidos destinados a tratamiento biológico

Poblado		Residuos generados por municipio (ton/ día)	Residuos por localidad (ton/día)	% Cobertura	% Residuos orgánicos	Residuos Orgánicos (ton/día)	% Residuos destinados a composta	Residuos destinados a composta (ton/día)
Tecpan	Papanao	34.078	3.31	59.0289%	62.42%	1.21855923	30%	0.365567769
	San Luis la Loma		4.32			1.593082289		0.477924687
	San Luis San Pedro		3.80			1.398624544		0.419587363
	Tecapan		15.52			5.719872247		1.715961674
	El Suchil		3.95			1.456514103		0.436954231
Benito Juarez	San Jeronimo	8.496	3.82	86.7556%	58.96%	1.954125541	30%	0.586237662
	Hacienda Cabañas		1.23			0.628749343		0.188624803
	Arenal de Álvarez		0.87			0.44498901		0.133496703
	Las Tunas		0.82			0.419183279		0.125754984
	Arenal de Gomez		0.63			0.323530719		0.097059216
Atoyac	Atoyac	33.23	14.44	50.0194%	44.37%	3.204790184	30%	0.961437055
	Paraiso		2.48			0.551166709		0.165350013
	Ticui		1.6422			0.364463427		0.109339028
	Zacualpan		1.3535			0.300390481		0.090117144
	Cacalotla		1.3209			0.293155365		0.08794661
								5.961358941

Diseño de la pila

No es aconsejable la conformación de pilas o camellones de pequeños volúmenes, ya que las fluctuaciones de temperatura en estos pequeños volúmenes son muy bruscas, no es recomendable conformar pilas con base inferior a los 2 metros. Como regla general, se considera como altura la mitad de la base, lo que permite obtener una buena relación Superficie/Volumen, (OPS, 2006).

Cualquier material biodegradable podría transformarse en composta una vez transcurrido el tiempo suficiente, el tiempo de compostaje varía según las características de los residuos que van a ser procesados, las condiciones climatológicas (temperatura,

ambiente, % de humedad relativa, etc.); manejo físicoquímico; manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener.

Tiempo de compostaje

El tiempo de compostaje, es un parámetro que puede ser controlado y establecido con cierto grado de certeza, considerando que el valor típicos de los residuos domésticos, (residuos de comida) tienen un peso específico de 291 kg/m^3 y los residuos de jardinería de 60 kg/m^3 se puede estimar que el tiempo que tardara el proceso en completarse es de 90 días, además se debe de considerar que el contenido de humedad en porcentaje que presentan son el 70 y el 60% respectivamente, estos datos son fundamentales para la estimación del área que se requiere para armar las pilas, sus dimensiones y su manejo. (Rynk, 2001)

Área de compostaje

El área donde se conforman las pilas y se lleva a cabo el proceso, por lo general se le denomina como patio. En el momento de seleccionar el área destinada al patio de compostaje hay que considerar los siguientes factores: en lo posible estas áreas deben situarse en los puntos topográficos más altos del terreno, nunca se ubicarán en depresiones del mismo. Es necesario que el área de las canchas presente un declive superior al 1 % hacia las cotas menores del predio, de esta forma es posible evacuar las aguas pluviales y coleccionar los líquidos lixiviados que se generan durante el proceso. Además la impermeabilidad del suelo es otro factor a considerar, ya que es posible la contaminación de las aguas subterráneas. En suelos que no presenten una impermeabilidad natural adecuada, se deberá proceder a la impermeabilización de los mismos, así como también se impermeabilizarán los drenajes, (Rynk, 2001)

Dimensionamiento del patio de compostaje

La dimensión de la Cancha estará determinada por la Unidad de Compostaje (Uc) y el Tiempo de Compostaje (Tc). Considerando además el espacio necesario entre parvas a los que llamaremos pasillos. Este espacio es necesario para manejar los camellones. Las dimensiones del mismo estarán sujetas a la forma en que se realicen las operaciones de remoción y aireación.

Considerando que la cantidad de residuos que llegarán a la planta de composta es de 6 toneladas al día y que para su maduración se requiere de un tiempo de compostaje de 90 días, significa que son 554 toneladas las que estarán siendo procesadas hasta poder obtener el producto maduro, el peso volumétrico es de 280 kg/m^3 , con los datos anteriores se obtiene el dimensionamiento del patio de compostaje.

$$6 \text{ (ton/día)} * 90 \text{ (días)} * 1/(280) \text{ (m}^3/\text{kg)} = 1978 \text{ m}^3$$

En base al cálculo anterior se realiza el diseño del acomodo de las pilas de composta, se proponen pilas de 5 metros de ancho por 1.5 metros de alto y 30 metros de largo, esta propuesta está basada en la experiencia de las plantas de composta en el país (Planta de composta Ciudad Universitaria, Planta de Composta de Xochimilco) que tienen una recepción de residuos similar. El volumen de residuos de la pila es de 153 m^3 , por lo que se requiere de 13 pilas, y el área de operación del proceso será de 5640 m^2 que se distribuirá en un área de 70 metros por 78 metros, aproximadamente 0.56 hectáreas.

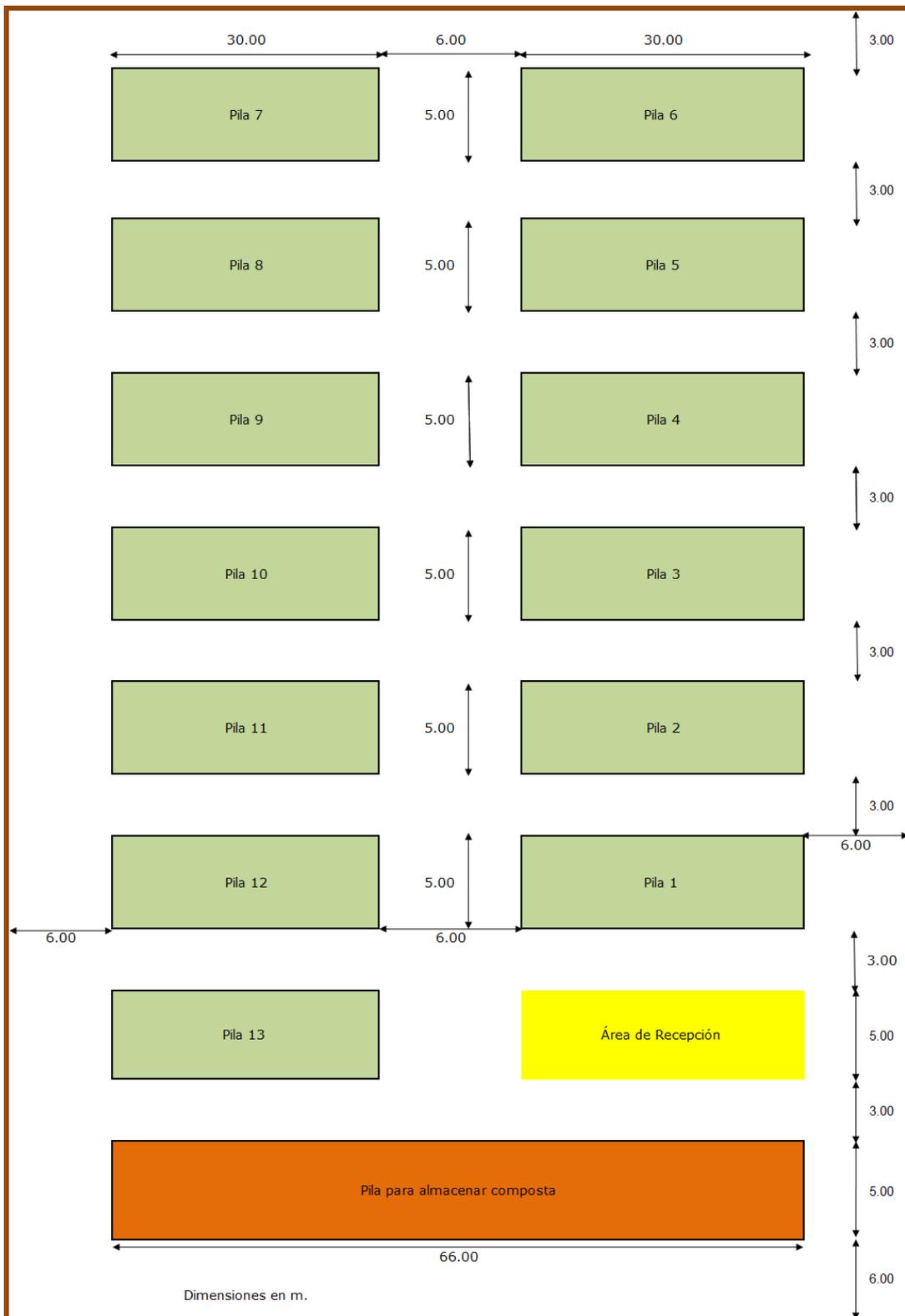


Figura 6.1 Arreglo General de la Planta de Composta.

Control del proceso

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estos factores se ven influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Es por ello que se deben tomar en cuenta todos los factores para garantizar que los microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica puedan vivir y desarrollar sus actividades.

Dentro de los parámetros más importantes que intervienen en el proceso biológico del compostaje y que se deben de vigilar para poder garantizar que el proceso resultará exitoso son:

Temperatura: Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren aunque si la temperatura rebasa los 60 °C se garantiza la muerte de organismos patógenos. Este parámetro es muy importante pues si se lleva un adecuado monitoreo del comportamiento de la temperatura en cada una de las pilas propuestas se identifica la etapa del proceso en que se encuentra la pila de composta. La figura 6.2 muestra el comportamiento de la temperatura en el proceso de compostaje (INE, 2003)

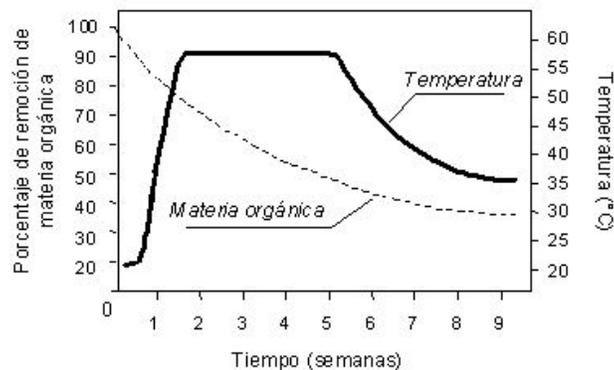


Figura 6.2 Gráfica del comportamiento de la temperatura en el proceso de compostaje
Fuente: OPS, 2002

Humedad: En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. Es importante considerar que el porcentaje de humedad dependerá del tipo de residuos que se estén empleando para la elaboración de la composta. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la

humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%. (OPS, 2006)

pH: El pH influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5) Al entrar el proceso en una etapa mesolítica existirá, como consecuencia de la actividad metabólica de los organismos una reproducción importante de estos, lo que nos provocará una disminución en el pH, cuando se alcanza una temperatura media en el proceso los microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, como consecuencia de ello el pH se hace alcalino, la importancia del pH en el proceso de compostaje es importante pues dependiendo de su valor se puede obtener un monitoreo de la efectividad del proceso que se está llevando a cabo. En la figura 6.3 se muestra el comportamiento óptimo del pH en el proceso de compostaje. (OPS, 2006)

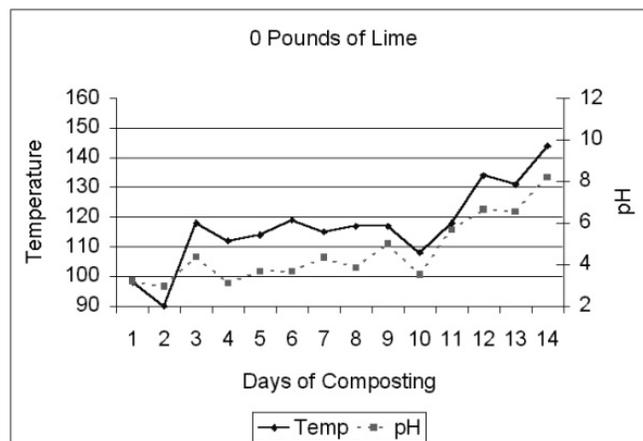


Figura 6.3 Comportamiento de pH en el proceso de compostaje

Fuente: FEMISCA

Oxígeno: El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. (OPS, 2006)

Relación C/N equilibrada: El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín, los materiales ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, desechos de animales y los residuos de matadero. (OPS, 2006)

Los parámetros antes mencionados son muy importantes para poder asegurar la eficiencia del proceso, es importante señalar que el objetivo de diseñar una planta de composta es que la cantidad que sea procesada no llegue al relleno sanitario, es por eso que se debe tomar en cuenta que la calidad del producto final no es tan importante como lo es para este caso el tiempo de compostaje. A pesar de esta situación se debe de garantizar que el producto final cumpla con características específicas, pues la composta mal elaborada proveniente de los residuos puede causar contaminación del suelo, así como generar la acumulación de sustancias nocivas en las plantas y animales (GTZ, 2007)

En México no existe una normatividad específica sobre el proceso de fabricación y las características que debe tener composta como producto final, se puede tomar como referencia la norma técnica (NTE-006-SMA-RS-2005) la cual es obligatoria para el Estado de México aunque cabe mencionar que no se aplica legalmente en el resto del país. En la tabla 6.2, se muestran los requisitos físico-químicos que aseguren que el producto final es de buena calidad y no contiene contaminantes.

Es importante señalar que el cuidado en el proceso de compostaje, así como la calidad del producto final dependerá del uso que se le dará, como remediador de suelo, o con alguna característica particular que permita su incorporación a algún proceso productivo.

En este caso, lo que se quiere evitar es que la fracción orgánica de los residuos llegue al sitio de disposición final, acortando su vida útil, además de disminuir costos en la cobertura diaria del relleno sanitario, por lo que es importante certificar que el producto final cumpla por lo menos con los requisitos mostrados en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Parámetros y requisitos físico químicos del producto final (Composta)

Requisitos físico-químicos y sanitarios	
Característica	Límites
pH	6.5-8.0
Materia orgánica	> 15%
Relación carbono-nitrógeno	< 12
Fósforo	> 0.10%
Potasio	> 0.25%
Relación potasio-sodio	> 5
Hongos fitopatógenos	Ausente
Huevos de helmintos/g en base seca	< 10
Coliformes fecales NMP/g en base seca	< 1000
Salmonella spp/g en base seca	< 3
Plástico película o flexibles. Tamiz ASTM 3.5 (5.6 mm)	< 0.05 % (seco)
Vidrio, metales o plásticos rígidos. Tamiz ASTM 10 (2.00 mm)	< 0.5 % (seco)
Arsénico	< 5.0 ppm
Cadmio	< 1.0 ppm
Cromo hexavalente	< 5.0 ppm
Cobre	< 30.0 ppm
Plomo	< 5.0 ppm
Níquel	< 5.0 ppm
Zinc	< 90.0 ppm

Fuente: Norma técnica NTE-006-SMA-RS-2005, INE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los servicios que presentan problemas críticos y estratégicos de cualquier país, estado o ciudad, el efecto ambiental más evidente del mal manejo de los residuos es el deterioro estético de las ciudades, sin embargo, los efectos ambientales más serios son la contaminación del suelo, mantos freáticos, cuerpos de agua y el aire.

México al igual que muchos países del mundo enfrenta grandes retos para ofrecer mejores y más eficientes servicios públicos, la relación entre la salud pública y la gestión de los residuos sólidos es muy clara, las autoridades de salud pública han demostrado que la presencia de ratas, moscas y otros transmisores de enfermedades (fauna nociva) se reproducen en tiraderos a cielo abierto, viviendas mal construidas, en instalaciones de almacenamiento de comida etc.

Los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana presentan actualmente todos los inconvenientes antes mencionados, por lo que se debe desarrollar e implementar un plan integral de gestión de residuos, el desarrollo de dicho plan es en esencia, una actividad local que implica la selección de la combinación correcta de alternativas y tecnologías para afrontar las cambiantes necesidades de la gestión local de residuos.

Conclusiones

Se realizó el diseño conceptual de las estaciones de transferencia que brindaran servicio a los municipios Atoyac de Álvarez, Benito Juárez y Tecpan de Galeana, en función de la cantidad de residuos generados y las características de los mismos. Así mismo se consideraron las características socioeconómicas de la zona de estudio que permitieron presentar un proyecto de bajo costo en operación y mantenimiento.

Se determinó que el tipo de estación será un estación de transferencia de carga directa puesto que al descargar los residuos sólidos urbanos por gravedad no se requiere de equipo adicional, por lo que no se eleva el costo de la inversión inicial, además de que se evitan costos excesivos de operación y mantenimiento.

Se determinó la cantidad de residuos que se transfieren por parte de las localidades de más de 3000 habitantes de cada municipio hacia el relleno sanitario, proyectando la población y la generación per cápita de residuos sólidos. La cantidad de residuos a transferir actualmente es de 38.25 toneladas por día, tomando en cuenta el porcentaje de cobertura del servicio de recolección de cada municipio, al término de la vida útil de la estación se recibirán 36.5 toneladas por día.

Se analizó y determinó la localización geográfica de la estación de transferencia mediante el cálculo de centroide en coordenadas UTM., utilizando dos criterios, el primero con base en la población y generación de residuos sólidos, realizando un análisis económico entre el uso de vehículos recolectores y la conveniencia de trasladar a los residuos sólidos en un vehículo de transferencia, obteniendo como resultado la localización de la estación dentro del municipio de Tecpan de Galeana, el otro criterio bajo el que fue analizado es en un estudio de distancias y tiempo de recorrido, necesario para el municipio de Atoyac de Álvarez ya que dentro del mismo se encuentra la localidad “El Paraíso” la cual se encuentra a 61 kilómetros del sitio de disposición final y a 23.6 km de la cabecera municipal de Atoyac el tiempo de recorrido de “El Paraíso” al relleno es de 01:14:50 esto es causa de las malas condiciones los caminos de acceso que existen entre cada localidad.

Se elaboró la ingeniería básica de la estación de transferencia considerando el diagrama de flujo; el arreglo general de las instalaciones y los niveles de carga y descarga, con base en el área mínima que requiere la estación de 1348 m².

Se analizó y determinó el tipo de carga en la estación de transferencia con base al análisis económico de cada municipio, encontrándose que el tipo de estación óptimo para las condiciones económicas es de carga directa en la cual los residuos sólidos se vacían por gravedad evitando uso adicional de maquinaria.

Se determinó el número de tolvas de servicio requeridas en la zona de transferencia logrando minimizar los tiempos de espera, por lo que se requiere de una tolva con tres líneas de servicio.

Se seleccionó el equipo vehicular adecuado para la operación del transporte con base en la estación de transferencia seleccionada el cual consta de un transfer de 70 toneladas de capacidad, con dos cajas.

Al realizar el análisis técnico- económico se determinaron las localidades que requieren del servicio de transferencia de residuos sólidos urbanos que comprenden para el municipio de Tecpan de Galeana las localidades Papanoa, San Luis la Loma y San Luis San Pedro, para el municipio de Atoyac de Álvarez la localidad “El Paraíso” y el municipio de Benito Juárez no requiere del servicio de transferencia. Las localidades en estudio que no requieren estación dispondrán de sus residuos directamente en el sitio de disposición final, ya que económicamente es la alternativa más conveniente

Se realizó el diseño conceptual de la planta de composta que proporcionará tratamiento biológico a la fracción orgánica de los residuos, la capacidad de recepción de la estación se estimó en seis toneladas por día con un área mínima de 1978 m².

Recomendaciones

Se debe de tomar en cuenta que es de especial importancia el incremento del uso de plásticos y el consumo de alimentos congelados, enlatados etc. que reducen la cantidad de residuos orgánicos en la casa pero que incrementan las cantidades en plantas agrícolas de procesamiento, son algunos de estos cambios los que constantemente presentan problemas al realizar el diseño de las instalaciones, por que las estructuras de ingeniería para el procesamiento de residuos sólidos implican inversiones tan grandes de capital que tienen que ser diseñadas para funcionar durante aproximadamente 15 ó 20 años.

El proceso del reciclaje, el habito del reuso y la reducción en origen de los residuos sólidos urbanos forman parte de un conjunto de planes y programas que han llegado a cobrar importancia pues la ejecución de tales acciones trae consigo la reducción de costos en que incurren los gobiernos municipales en la gestión de sus residuos y la conservación de recursos naturales y del ambiente.

Una forma de optimizar la reducción de residuos sólidos que tienen que ser dispuestos es limitar el consumo de materias primas e incrementar la tasa de recuperación y reutilización de materiales residuales.

Aunque la mayor parte de los residuos sólidos urbanos que se generan en la zona de estudio son residuos orgánicos, provenientes de las actividades de la jardinería y alimenticios, se deben tomar en cuenta a todos aquellos subproductos que son susceptibles de ser comercializados, así como la calidad y cantidad de los mismos, de esta manera se podrían elaborar planes y programas de participación social relativos a su recuperación.

El beneficio principal que encontramos al implementar programas de reciclaje es la conservación de recursos naturales y la rehabilitación del espacio de suelo, aun así se debe tomar en cuenta que para la recolección y el transporte de materiales se requiere además de una energía y esfuerzo substancial, una inversión económica importante por lo que muchos programas de reciclaje son subsidiados económicamente, los requerimientos para el éxito del programa son básicamente, que la demanda que existe para la recuperación de los materiales y el valor comercial de los materiales sea suficiente para pagar los costos de inversión, es por eso que se tendría que analizar la operación de estos centros de acopio de materiales (si serán con o sin compra), actualmente se tiene un centro de acopio de compra de PET en el municipio de Atoyac de Álvarez.

La proyección de los beneficios que se obtendrán al establecer un programa de reciclaje en conjunto con la implementación de campañas por parte de las autoridades hacia la población respecto al reuso de materiales y de reducción en el origen, serán entre otros, los ingresos por la venta de materiales recuperables, el incremento en la vida útil del

relleno sanitario, disminución del costo municipal por operación del sitio de disposición final y por el transporte de los residuos, por mencionar algunos.

Por otra parte, tomando en cuenta que la fracción orgánica de los residuos sólidos se acerca al 60% de los residuos totales generados, se recomienda que a dichos residuos se les proporcione un tratamiento biológico (composta) por lo que se deberá implementar un plan de composteo municipal, la cantidad de residuos sólidos destinados a tratamiento biológico en el presente trabajo es de aproximadamente 6 toneladas por día, esta cantidad de residuos se determinó considerando que el 30% del total de residuos orgánicos será la cantidad que llegará a la planta, se espera que con programas de promoción por parte de las autoridades municipales que logren enfocar esfuerzos, recursos y análisis que puedan ampliar los cauces de la participación ciudadana el porcentaje de residuos se incremente.

REFERENCIAS

Afferden, M. (2002). Alternativas de Rellenos Sanitarios, Guía de Toma de Decisión . México: SEGEM.

Barker A.V. (1997) “Composition and Uses of Compost H.C. Mackinnon. Washington, DC: American Chemical Society

Camacho, Y. M. (s.f.). Alcances y perspectivas de la ley de residuos sólidos en el DF. 2007 . Cd Universitaria, México DF.

Carranza, E. L. (2008). Modelo explicativo de la intención y conducta pro-ambiental ante la problemática de los residuos sólidos domésticos. Cd Universitaria, México DF.

Córdova, A. R. (2006). Residuos Sólidos. Ciencia y Desarrollo , 54-58.
(Barker, 1997) (R, 2001)

Cortinas, C. (2002). Introducción y elementos de técnica regulatoria, México DF.

Cortinas, C (2001), Hacia un nuevo México sin Basura, México DF.

Cortinas, C. (2004) Riesgos a la salud de la disposición y manejo inadecuados de residuos sólidos urbanos., México DF.

Díaz, H. R. (2007). El manejo de los residuos sólidos en el municipio de Cuernavaca, Morelos. Cd Universitaria, México DF.

Escamilla, K. I. (2009). El manejo de los residuos sólidos municipales en San Salvador: Diagnóstico y Propuesta. Cd Universitaria, México DF.

Fernández, R. L. (1996). Residuos sólidos y ecología en México. México DF: INE.
GTZ. (2003) La basura en el limbo. México.

GTZ, INE, SEMARNAT. (2006). Manual de composta municipal. México.

Hernández, B. (2002). Manual para la Rehabilitación, Clausura y Saneamiento de Tiraderos a Cielo Abierto en el Estado de México. México: SEGEM.

Hernández C., G. W. (2003). Guía para el desarrollo, presentación y evaluación de Proyectos Ejecutivos para rellenos sanitarios. México: SEGEM.

INE (julio 1996). Estaciones de transferencias de residuos sólidos en áreas urbanas. México DF.

- Japón, A. I. (1999). Estudios sobre el manejo de residuos sólidos en el Distrito Federal. México DF.
- Jaramillo, J. (1991). Residuos sólidos municipales. Washington DC.
- Köfalusi, G. K. (2007). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en sitios de disposición final. *Gaceta ecológica* , 39-51.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (Octubre de 2003).
- Lucena, A. (1998). Los residuos sólidos. Madrid.
- Mackenzie L. Davis, D. A. (2008). Introduction to Environmental Engineering . New York: McGraw-Hill .
- Manahan, S. E. (2007). Introducción a la Química Ambiental. México DF: Reverté UNAM.
- Monreal, J. (1982). Residuos Sólidos, Evolución y Tendencia. 27-31.
- Organización Panamericana de la Salud (2002). Manual para la elaboración de compost
- Recolección, S. d. (1996). Comisión de uso y aprovechamiento de bienes y servicios públicos. México DF.
- Rynk R. and Richard T.L. (2001) “Commercial Compost Production System” Lewis Publishers
- Rodríguez, H. A. (2007). Aprovechamiento productivo y sustentable de la generación de residuos sólidos urbanos en México. Cd Universitaria, México D.F.
- SEDESOL. (1997). Manual SEDESOL Plantas de Transferencia, México.
- SEMARNAP. (1999). Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos, México.
- SEMARNAP (2000) La gestión ambiental en México, México, D.F.
- SEMARNAT. (2001). Elementos para el manejo adecuado de los residuos sólidos. *Gaceta Ecológica* , 38-47.
- SEMARNAT (2001) Minimización y manejo ambiental de residuos sólidos, México D.F.
- SEMARNAT. (2001). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. México.

Tchobanoglous G, Hilary Theisen. (1993). Integrated Solid Waste Management. Mc Graw-Hill.

Viniegra, M. E. (2003). Valoración económica del impacto ambiental del manejo de los residuos sólidos municipales. Gaceta Ecológica , 69-82.

Wehenpohl, G. (2001). Planificación en la Gestión de Residuos Sólidos Municipales necesidad y límites en el contexto de México, Seminario. México: Amcrespac.

Wehenpohl G, C. H. (2002). Guía para la elaboración de Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos. México: SEGEM.

NORMATIVIDAD

LGEEPA (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente)

REGLAMENTO DE LA LGEEPA (Reglamento de la Ley General del Equilibrio ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental)

LGPGIR (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos)

REGLAMENTO DE LA LGPGIR (Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos)

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Guerrero

Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero en materia de Impacto Ambiental

NMX-AA-015-1985 (Método de Cuarteo)

NMX-AA-061-1985 (Determinación del peso volumétrico "IN SITU")

NMX-AA-19-1985 (Selección y Cuantificación de Subproductos)

NMX-AA-22-1985 (Determinación de Generación)

NOM-083-SEMARNAT-2003

Norma Técnica NTE-006-SMA-RS-2005 (Requisitos físico químicos para la composta)

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/inicio.aspx>

<http://www.giresol.org/>

<http://www.solidwaste.org/>

<http://www.pollutionissues.com/Co-Ea/Composting.htm>

<http://www.compostingcouncil.org/>

<http://www.compostathome.info/>

<http://www.epa.gov/waste/conservation/rrr/composting/index.htm>

http://www.compost.org/ccca_alberta_factsheet.html

<http://www.microbiologyprocedure.com/waste-water-microbiologyII/mechanical-composting-indore-process.html>

<http://www.iswa.org/web/home>

<http://www.epa.gov/osw/>

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

ANEXO

Cálculo de costo de operación de los vehículos recolectores en las cabeceras municipales de la zona de estudio

Cálculo del costo de los vehículos de recolección para la localidad Atoyac de Álvarez

Camión Dina 1992

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2500	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	3	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	1800	Costo del vehículo (\$)	120000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	103.992	FSR	1.8	\$/mes	2500
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	10980	\$/hora	24.04031079
Meses al año	12	\$/mes	6239.52	\$/hora	105.585045	\$/hr	189.6253558
	103.992	\$/hora	60			\$/ (km*ton)	8.230267179

Cálculo del costo de los vehículos de recolección para la localidad Atoyac de Álvarez

Camión marca DODGE 1992

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2500	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	3	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	1800	Costo del vehículo (\$)	130000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	103.992	FSR	1.8	\$/mes	2708.333333
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	10980	\$/hora	26.04367003
Meses al año	12	\$/mes	6239.52	\$/hora	105.585045	\$/hr	191.628715
	103.992	\$/hora	60			\$/ (km*ton)	8.317218534

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Cálculo del costo de los vehículos de recolección para la localidad Atoyac de Álvarez

Camión Mercedes Benz 1995

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.24
Días de trabajo a la semana	3	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	155000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	103.992	FSR	1.8	\$/mes	3100
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	29.80998538
Meses al año	12	\$/mes	6239.52	\$/hora	114.2395569	\$/hr	204.0495423
	103.992	\$/hora	60			\$/ (km*ton)	8.856316939

Cálculo del costo de los vehículos de recolección para la localidad Atoyac de Álvarez

Vehículo Recolector de Contenedores

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	10	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	5	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	150000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	216.65	FSR	1.8	\$/mes	3125
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	14.42418648
Meses al año	12	\$/mes	12999	\$/hora	54.83498731	\$/hr	129.2591738
	216.65	\$/hora	60				

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

\$/ (km*ton)	5.610207195
--------------	-------------

Calculo del costo de los vehículos de recolección para la localidad Atoyac de Álvarez

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	10	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	5	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	150000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	216.65	FSR	1.8	\$/mes	3125
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	14.42418648
Meses al año	12	\$/mes	12999	\$/hora	54.83498731	\$/hr	129.2591738
	216.65	\$/hora	60			\$/ (km*ton)	5.610207195

Calculo del costo de los vehículos de recolección para la localidad El Paraíso

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	10	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.24
Días de trabajo a la semana	3	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	173000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	129.99	FSR	1.8	\$/mes	3460
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	26.61743211
Meses al año	12	\$/mes	7799.4	\$/hora	91.39164551	\$/hr	178.0090776
	129.99	\$/hora	60				

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

\$(km*ton)	5.294239971
------------	-------------

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Benito Juárez

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	10	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	6	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	270000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	259.98	FSR	1.8	\$/mes	5625
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	21.63627971
Meses al año	12	\$/mes	15598.8	\$/hora	45.69582276	\$/hr	127.3321025
	259.98	\$/hora	60			\$(km*ton)	2.84798832

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana

Remolque Dodge 1998 (7m3)

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehiculos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	160000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	138.656	FSR	1.8	\$/mes	3333.333333
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	24.04031079

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Meses al año	12	\$/mes	8319.36	\$/hora	85.67966767		
	138.656	\$/hora	60			\$/hr	169.7199785
						\$/((km*ton)	7.923435035

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana

Camión Kodia Chevrolet 2004 (18m3)

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.1
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	190000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	138.656	FSR	1.8	\$/mes	1583.333333
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	11.41914763
Meses al año	12	\$/mes	8319.36	\$/hora	85.67966767		
	138.656	\$/hora	60			\$/hr	157.0988153
						\$/((km*ton)	4.278290177

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana

Dodge Durango 1999

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.2
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	175000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	138.656	FSR	1.8	\$/mes	2916.666667
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	21.03527194

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Meses al año	12	\$/mes	8319.36	\$/hora	85.67966767		
	138.656	\$/hora	60			\$/hr	166.7149396
						\$/((km*ton)	4.540167201

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana

Minicompactador Chevrolet 2004

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.2
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	300000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	138.656	FSR	1.8	\$/mes	5000
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	36.06046619
Meses al año	12	\$/mes	8319.36	\$/hora	85.67966767	\$/hr	181.7401339
	138.656	\$/hora	60			\$/((km*ton)	2.524168526

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana

Remolque Chevrolet 2004

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.2
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	230000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	138.656	FSR	1.8	\$/mes	3833.333333
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	27.64635741

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Meses al año	12	\$/mes	8319.36	\$/hora	85.67966767		
	138.656	\$/hora	60			\$/hr	173.3260251
						\$/((km*ton)	8.091784551

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana 1 volteo Mercedes Benz 1993

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	8	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.25
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	155000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	138.656	FSR	1.8	\$/mes	3229.166667
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	11880	\$/hora	23.28905108
Meses al año	12	\$/mes	8319.36	\$/hora	85.67966767		
	138.656	\$/hora	60			\$/hr	168.9687187
						\$/((km*ton)	7.88836222

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana 1 Remolque (contenedores)

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo	
Jornadas (hrs)	10	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.2
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	170000
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	173.32	FSR	1.8	\$/mes	2833.333333
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	8280	\$/hora	16.34741134

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Meses al año	12	\$/mes	10399.2	\$/hora	47.77290561					
	173.32	\$/hora	60			<table border="1"> <tr> <td>\$/hr</td> <td>124.1203169</td> </tr> <tr> <td>\$/km*ton</td> <td>5.794599297</td> </tr> </table>	\$/hr	124.1203169	\$/km*ton	5.794599297
\$/hr	124.1203169									
\$/km*ton	5.794599297									

Calculo del costo de los vehículos de recolección para el municipio de Tecpan de Galeana 1 Remolque (contenedores)

Horas trabajadas al mes		Costo del combustible		Mano de obra		Mantenimiento del vehículo				
Jornadas (hrs)	10	Velocidad promedio de los vehículos (km/hr)	30	Salario mensual de chofer (\$)	2600	Porcentaje de mantenimiento	0.2			
Días de trabajo a la semana	4	Rendimiento del camión (km/l)	5	Salario mensual ayudantes (\$)	2000	Costo del vehículo (\$)	170000			
Semanas al mes	4.333	Horas trabajadas al mes	173.32	FSR	1.8	\$/mes	2833.333333			
Semanas al año	52	Costo de litro de gasolina (\$)	10	\$/mes	8280	\$/hora	16.34741134			
Meses al año	12	\$/mes	10399.2	\$/hora	47.77290561					
	173.32	\$/hora	60			<table border="1"> <tr> <td>\$/hr</td> <td>124.1203169</td> </tr> <tr> <td>\$/km*ton</td> <td>5.794599297</td> </tr> </table>	\$/hr	124.1203169	\$/km*ton	5.794599297
\$/hr	124.1203169									
\$/km*ton	5.794599297									

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Cálculo de costo de operación de los vehículos de recolección propuestos (10 m3)

Camión Recolector					
	Sueldo	FSR	Mensual	Cantidad	\$
Operador	\$ 2,600.00	1.87	\$4,862.00	1.00	\$ 4,862.00
Macheteros	\$ 2,000.00	1.87	\$3,740.00	2.00	\$ 7,480.00
				\$/Hr	\$ 59.34

				HP	L/hr	\$/l	\$/Hr
Combustible				200.00	20.64	\$ 5.50	\$ 113.52
				Hr	Lts	\$/lts	\$/Hr
Aceite				500.00	20.00	\$ 32.41	\$ 1.30
	Años	Semanas	Horas	Precio			\$/Hr
Depreciación	5.00	52.00	40.00	\$ 700,000.00			\$ 67.31
Seguros Mantenimiento							\$ 13.46
							\$ 254.92

Transporte Vehículo Recolector Con Compactación		
Capacidad Vol.	(m3)	10.00
Compactación	(Ton/m3)	0.30
Capacidad Carga	(Ton/Viaje)	3.00
Costo Horario	(\$/hora)	\$ 254.92
Velocidad Promedio	(Km/hr)	30

Costo \$/(Ton*km)	\$2.83
-------------------	--------

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Catalogo de conceptos Obra Civil de la Estación de Transferencia

Catalogo de conceptos (Obra Civil, Estación de transferencia)							
			Descripción	Unidad	Cantidad	PU	Total
1			Preliminares				
	1.1		Trazo y nivelación con equipo de topografía en terreno natural estableciendo referencias para superficies mayores a 1 hectárea	m2	1.20	\$3,561.99	\$4,267.26
	1.2		Corte en caja en material B, cuando el material se utilice en la formación de terraplenes.	m3	1198.00	\$18.29	\$21,911.42
	1.3		Base de tepetate en capas de 20 cm. compactada al 95% proctor.	m3	2396.00	\$249.60	\$598,041.60
2			Caseta de Vigilancia	m2	18.00	\$5,500.00	\$99,000.00
3			Caseta de Pesaje	m2	18.00	\$5,500.00	\$99,000.00
4			Báscula	Pza.	1.00	\$700,000.00	\$700,000.00
5			Patio de Carga				
	5.1		Base de tepetate en capas de 20 cm. compactada al 95% proctor.	m3	3670.00	\$249.60	\$916,032.00

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

		5.2	Lanzado de mortero o concreto para estabilizaciones a 2a mano	m2	469.00	\$546.00	\$256,074.00
		5.3	Riego de liga a base de asfalto fr.3, en proporción 1.00 lt/m ² , incluye: barrido de la superficie, material, equipo con operación, mano de obra y herramienta.	m2	1244.00	\$7.34	\$9,130.96
		5.4	Carpetas de concreto asfáltico carpetas de concreto asfáltico, por unidad de obra terminada compactada al noventa y cinco por ciento (95%): -de banco	m3	186.60	\$1,615.41	\$301,435.51
		5.5	Rejilla metálica de 1.50 x 0.60 m.	Pieza	1.00	\$3,368.74	\$3,368.74
		5.6	Muro de 12 cm. de block de concreto de 12 x 20 x 40 cm. Asentado con mezcla cemento arena 1:5, acabado común, con refuerzos horizontales a base de alambón de 1/4" a cada 2 hiladas, incluye: materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	385.00	\$164.75	\$63,428.75
		5.7	Suministro y colocación de columnas de acero estructural HSS 16 x 16 x 1/2", colocadas a zapata mediante placa base y anclas.	m	63.00	\$1,350.00	\$85,050.00
		5.8	Suministro, fabricación y colocación de cubierta auto soporte sección arcocén, son paneles engargolados lateralmente, de una sola pieza de canalón a canalón, con 0.20 m de peralte y 0.60 m de poder cubriente, en lamina de acero, acabado pinto alum, color blanco fondo sujetos en cada lado por tornillos de alta resistencia o taquetes expansivos y una placa cal 12, incluye: material, equipo y mano de obra.	m2	704.00	\$970.00	\$682,880.00

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

6		Oficinas Administrativas	m2	99.00	\$5,500.00	\$544,500.00
	6.1	Banquetas de 10 cm	m2	433.50	\$70.00	\$30,345.00
	6.2	Guarnición concreto f'c=200 Kg/cm ² , 300 cm ² de sección. R.N. T.M.A. de 40 mm, acabado aparente, colada en el lugar.	ml	433.50	\$139.24	\$60,360.54
	6.3	Riego de liga a base de asfalto fr.3, en proporción 1.00 lt/m ² , incluye: barrido de la superficie, material, equipo con operación, mano de obra y herramienta.	m2	1244.00	\$7.34	\$9,130.96
	6.4	Carpetas de concreto asfáltico carpetas de concreto asfáltico, por unidad de obra terminada compactada al noventa y cinco por ciento (95%): -de banco	m3	186.60	\$1,615.41	\$301,435.51
7		Taller				
	7.1	Plantilla de 5 cm. de espesor, concreto hidráulico hecho en obra resistencia normal tma 3/4" de f'c=150 kg/cm ² , para zapatas; incluye: materiales, pruebas, mano de obra, herramienta.	m ³	9.00	\$1,500.12	\$13,501.08
	7.2	Acero de refuerzo del No. 3 (3/8") en estructura. Incluye: dimensionamiento, habilitado, armado, dobleces para ganchos, traslapes, colocación, alineación y fijación.	Ton	0.80	\$17,019.92	\$13,651.34
	7.3	Concreto hidráulico f'c=250 Kg/cm ² en muros, p.u.o.t.	m ³	184.00	\$1,870.42	\$344,157.28

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

		7.4	Muro de 12 cm. de block de concreto de 12 x 20 x 40 cm. Asentado con mezcla cemento arena 1:5, acabado común, con refuerzos horizontales a base de alambIÓN de 1/4" a cada 2 hiladas, incluye: materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	m2	184.00	\$164.75	\$30,314.00
		7.5	Suministro y colocación de columnas de acero estructural HSS 16 x 16 x 1/2", colocadas a zapata mediante placa base y anclas.	m	24.00	\$1,350.00	\$32,400.00
		7.6	Suministro, fabricación y colocación de cubierta autoportante sección arcocéntrica, son paneles engargolados lateralmente, de una sola pieza de canalón a canalón, con 0.20 m de peralte y 0.60 m de poder cubriente, en lámina de acero, acabado pinto alum, color blanco fondo sujetos en cada lado por tornillos de alta resistencia o taquetes expansivos y una placa cal 12, incluye: material, equipo y mano de obra.	m2	198.00	\$1,300.00	\$257,400.00
	8		Cerca Perimetral				
		8.1	Malla ciclónica calibre 8.5 con abertura de 5 x 5 cm, por unidad de obra terminada.	ml	520.00	\$986.00	\$512,720.00
		8.2	Portón de acceso en dos hojas	m2	22.20	\$987.00	\$21,911.40
	9		Equipo vehicular				
		9.1	Adquisición de dos cajas de transferencia de 70 toneladas de capacidad	Pza	2.00	\$780,000.00	\$1,560,000.00

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

	10		Varios				
		10.1	Presupuesto aproximado de instalaciones eléctricas y de suministro y evacuación de agua, alumbrado y cisterna				\$400,000.00
							\$7,971,447.34

**“DISEÑO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LOS MUNICIPIOS DE ATOYAC DE ÁLVAREZ, BENITO JUÁREZ Y
TECPAN DE GALEANA, GUERRERO”**

Cálculo de recepción de la fracción orgánica de residuos a la planta de composta

Poblado		Residuos generados por municipio (ton/ día)	Residuos por localidad (ton/día)	% Cobertura		% Residuos orgánicos	Residuos Orgánicos (ton/día)	% Residuos destinados a composta	Residuos destinados a composta (ton/día)
Tecpan	Papanoa	34.078	3.31	59.0289%	1.9522	62.42%	1.21855923	30%	0.365567769
	San Luis la Loma		4.32		2.5522		1.593082289		0.477924687
	San Luis San Pedro		3.80		2.2407		1.398624544		0.419587363
	Tecpan		15.52		9.1635		5.719872247		1.715961674
	El Suchil		3.95		2.3334		1.456514103		0.436954231
Benito Juárez	San Jerónimo	8.496	3.82	86.7556%	3.3143	58.96%	1.954125541	30%	0.586237662
	Hacienda Cabañas		1.23		1.0664		0.628749343		0.188624803
	Arenal de Álvarez		0.87		0.7547		0.44498901		0.133496703
	Las Tunas		0.82		0.7110		0.419183279		0.125754984
	Arenal de Gómez		0.63		0.5487		0.323530719		0.097059216
Atoyac	Atoyac	33.23	14.44	50.0194%	7.2229	44.37%	3.204790184	30%	0.961437055
	Paraíso		2.48		1.2422		0.551166709		0.165350013
	Ticuí		1.6422		0.82141859		0.364463427		0.109339028
	Zacualpan		1.3535		0.67701258		0.300390481		0.090117144
	Cacalotla		1.3209		0.66070625		0.293155365		0.08794661
									5.961358941