

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a cross and other heraldic symbols. The shield is surrounded by a wreath. The outer ring of the seal contains the Latin motto "VERITAS LIBERABIT VOS" at the top and "SISNETV" at the bottom. The name of the university, "UNIVERSITAS SAN CAROLINAE GUATEMALENSIS", is written around the inner border of the seal.

# Estudio de Factibilidad para el Manejo de Desechos Sólidos Domiciliars en las colonias Tierra Nueva I Y II de Chinautla departamento de Guatemala

Informe final de tesis para la obtención del grado de Maestro en Formulación y Evaluación de Proyectos, con base en el Normativo para la Elaboración de la Tesis de Grado y Examen General de Graduación de la Escuela de Estudios de Postgrado del 4 de febrero de 1993.

Asesor:  
Ing. MSc. Álvaro Guillermo Solano Ponciano

Postulantes:  
Lic. Jorge Alejandro Batres Quevedo  
Lic. Pedro Guillermo Jayes Reyes  
Ing. Gonzalo Del Cid Pérez

Guatemala, junio de 2003

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Lic. Eduardo Antonio Velásquez Carrera
Secretario	Lic. Rolando de Jesús Oliva Alonzo
Vocal Segundo	Lic. Alvaro Joel Girón Barahona
Vocal Tercero	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal Cuarto	PMP Juan Francisco Moreno Murphy
Vocal Quinto	P.C. Deiby Boanerges Ramirez Valenzuela

AUTORIDADES ESCUELA  
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Director	MSc. César Adrián Linares
Coordinador de Maestría	MA. Maynor Vinicio Cabrera Formulación y Evaluación de Proyectos

## CONTENIDO

TEMAS	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	i
RESUMEN EJECUTIVO	iii
I. INFORMACION DEL PROYECTO	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. JUSTIFICACION	2
1.4. OBJETIVOS	5
1.5. ANALISIS DE OPCIONES	5
1.6. MATRIZ DEL PROYECTO	7
1.7. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	8
II. ESTUDIO DE MERCADO	15
2.1. EL SERVICIO EN EL MERCADO	15
2.2. AREA DEL MERCADO PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO	15
2.3. ANALISIS DE LA DEMANDA	18
2.4. ANALISIS DE LA OFERTA	24
2.5. ANALISIS DE PRECIOS	24
2.6. ANALISIS DE COMERCIALIZACION	26
III. ESTUDIO TECNICO	27
3.1. TAMAÑO	27
3.2. LOCALIZACION	29
3.3. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS	29
3.4. DISEÑO	30
3.5. CALENDARIZACION DE ACTIVIDADES	34
3.6. ANALISIS DE COSTOS	35
IV. ESTUDIO FINANCIERO	41
4.1. INVERSION	41
4.2. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO	42
4.3. INGRESOS	42
4.4. ESTADO DE RESULTADOS	43
4.5. EVALUACION FINANCIERA	43
4.6. ANALISIS DE SENSIBILIDAD	43
V. ASPECTOS AMBIENTALES	51
6.1. IDENTIFICACION DE IMPACTOS POTENCIALES AL MEDIO AFECTADO	51
6.2. MEDIDAS DE MITIGACION	51
6.3. OPINION DE LA POBLACIÓN CON REFERENCIA AL PROYECTO	52

VII.	ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	53
7.1	ASPECTOS LEGALES	53
7.2	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	54
VIII.	CONCLUSIONES	60
IX.	RECOMENDACIONES	61
X.	BIBLIOGRAFIA	62
10.1	DOCUMENTOS	62
10.2	LEYES Y REGLAMENTOS	63
XI.	GLOSARIO DE TERMINOS	64
XII.	INDICE DE ANEXOS	67

## INTRODUCCIÓN

Los procesos acelerados de urbanización que enfrentan las ciudades ha provocado graves problemas de contaminación en países subdesarrollados, principalmente en los cinturones de pobreza que se concentran en sus alrededores, en donde el manejo de desechos sólidos es sumamente deficiente; los riesgos epidémicos para la salud que esto provoca, acentúa la exposición a catástrofes prevenibles en éstas comunidades. Si a esta situación particular agregamos la vulnerabilidad provocada por situaciones de pobreza y extrema pobreza que caracteriza la vida en estas comunidades y su consecuente precariedad e insuficiencia en la prestación de servicios básicos, estaremos frente a una grave problemática, que de nos ser enfrentada y resuelta provocaría daños irreparables, que pudieran ser prevenidos.

El estudio de preinversión del proyecto "MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN LAS COLONIAS TIERRA NUEVA I Y II DEL MUNICIPIO DE CHINAUTLA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA", se inscribe en el marco de la búsqueda de soluciones que en el largo plazo, logren cambios sostenibles y reviertan este proceso de contaminación ambiental en comunidades marginales pobres; en términos generales la fórmula de la solución propuesta abarca la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos domiciliarios en un relleno sanitario, en las comunidades referidas.

Esta claro que las acciones que se dediquen de manera remedial a resolver los efectos de esta problemática y no se propongan enfrentar las causas profundas de la problemática, no contribuirán de manera sostenida a mejorar los niveles de salud de los habitantes de las colonias, objetivo general de este proyecto y a reducir los riesgos ya mencionados. Una solución integral debería de procurar la mitigación de los impactos negativos ocasionados en el ambiente por la producción de desechos sólidos domiciliarios por un lado, pero por otro debería de identificar y enfrentar las condiciones que los posibilitan. Este fue el marco de la discusión que orientó el análisis de opciones de éste proyecto, que considerando las tecnologías disponibles, la cantidad y composición de los desechos sólidos, así como su adaptabilidad a las condiciones en el área a atender, concluyó en ésta propuesta de proyecto.

A continuación se refiere cada uno de los elementos constitutivos del presente documento; no esta de más advertir que en la medida que se haga una lectura integral de la propuesta, podrán comprenderse las bondades de la misma y apreciar su utilidad en el corto y largo plazo, dado que se propone como una solución creativa al problema, que involucre activamente a la población beneficiada.

Bajo el primer numeral se agrupa la información descriptiva más general del proyecto: antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivos y los análisis metodológicos que permitieron seleccionar la alternativa que sirvió como base de diseño de ésta propuesta; resulta importante señalar que estas secciones posibilitaron la consistencia del proyecto, al constituirse en orientaciones metodológicas y conceptuales que enriquecieron el procedimiento técnico de elaboración de proyectos.

Una vez se explicaron amplia y razonadamente las bases del proyecto, se precedió a desarrollar cada una de sus partes técnicas; la primera de ellas es el Estudio de Mercado que recoge un análisis del comportamiento de mercado del proyecto en términos de su oferta y demanda, precio y comercialización; por su naturaleza social y de servicio; el numeral dos que agrupo estos análisis se constituye a través de un lenguaje propio y adecuado, de acuerdo a lo que en opinión de los autores permita identificar las bondades de la propuesta. Los cálculos concretos del comportamiento de la oferta y demanda, precio y comercialización se sintetizan en la ficha de identificación, al igual que otros indicadores numéricos; en su conjunto estos cálculos demuestran que el proyecto es viable y oportuno.

La tercera sección refiere los elementos técnicos que se tomaron en cuenta para diseñar la propuesta: tamaño, localización, manejo, diseño, calendarización y análisis de costos; esta fase permitió

cuantificar los costos técnicos que implicaba el proyecto, al mismo tiempo que preciso aquellos elementos técnicos que lo harían funcional.

El estudio financiero que prosigue en el numeral cuarto precisa todos aquellos elementos que, en términos financieros definen la viabilidad del proyecto: inversión, costo de funcionamiento, ingresos, estado de resultados, evaluación financiera y análisis de sensibilidad; los indicadores financieros básicos: VANf, TIRf y relación beneficio costo dan cuenta de las posibilidades financieras que tiene el proyecto y resaltan su rentabilidad, independientemente de su naturaleza social y de servicio.

Los numerales cinco y seis hacen una referencia muy breve sobre aspectos ambientales y administrativo - legales respectivamente; por la naturaleza de proyecto estos no debieron extenderse más allá de cuestiones básicas, pero que resultaron ser fundamentales para la propuesta. Los últimos numerales reúnen los aspectos concluyentes y de soporte del proyecto: conclusiones, recomendaciones, bibliografía, glosario y anexos.

La condiciones de salud de la comunidad y el deterioro del entorno, surgen ante la falta de implementación de un programa integral que abarque proyectos –además del presente- de tratamiento de aguas servidas, reforestación de las áreas susceptibles de erosión de suelos, control sobre la emisión de gases, entre otros. En este sentido, las mejoras en la salud de los habitantes no serían consecuencia exclusiva del proyecto de manejo de desechos sólidos, por lo tanto, un análisis económico social del mismo daría parámetros parciales que en función de utilidad no compensarían el gasto de recursos para llevarlo a cabo y resultaría beneficioso hacer un análisis económico a un conjunto de proyectos que integren el saneamiento básico en el área de influencia del proyecto.

El proyecto se inscribe en el marco de proyectos sociales y de servicio, que son motivados por la urgente de necesidad de enfrentar problemáticas específicas que ponen en riesgo la ya precaria salud de los grupos poblacionales más pobres. Debe apreciarse el hecho de que toda la tecnología de proyectos puede disponerse a tareas como la presente y esto redundará en beneficios socioeconómicos y ambientales para la sociedad en su conjunto y de forma directa en las comunidades más necesitadas.

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se estructura con dos componentes: recolección y transporte; y relleno sanitario. El componente de recolección y transporte se diseñó adoptando el método de recolección de la Municipalidad de Guatemala y su componente de relleno sanitario se implementará a través del método de área, que consiste en la preparación del terreno con drenaje para el líquido percolado y drenaje de gases y el relleno por medio de celdas las cuales se conformarán por capas<sup>7/</sup>.

Los beneficios esperados consisten en mejorar los niveles de salud de las familias beneficiarias, además de los ingresos que generará el componente de recolección y transporte, que hace que el proyecto se estime auto financiable. Se ha considerado para su implementación una inversión de Q414,916.68 que generará un valor actual neto estimado de Q214,878.80 durante un horizonte proyectado a 10 años plazo.

El área de influencia del proyecto abarca las colonias Tierra Nueva I y II del municipio de Chinautla, se ubica al norte de la ciudad de Guatemala y al occidente de la cabecera municipal; el área poblada es de topografía plana y semi plana y rodeada de terrenos con pendientes muy pronunciadas que en la actualidad se encuentran convertidos en botaderos de basura, con suelo arenoso y muy vulnerable a la erosión. El acceso principal al área de influencia del proyecto es por medio de carretera vehicular, ubicada al lado sur de las colonias.

El ingreso familiar oscila alrededor del salario mínimo; un 8.9 % de la población económicamente activa son empleados públicos y privados, el porcentaje restante se dedica a la carpintería, albañilería, mecánica u otros oficios artesanales no dependientes.

Las colonias mencionadas tienen un desarrollo urbano no sostenible, con servicios básicos deficientes; su población actual es de 15,505 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 2.21%. En el área no existen fábricas, ni áreas utilizadas para la agricultura, las áreas planas y semiplanas están siendo usadas en su mayoría para viviendas.

Las colonias en referencia cuentan con servicios de electricidad, drenaje sanitario y agua potable, éste último en forma muy deficiente; otros servicios públicos son los brindados por el Centro de Salud local. El área refleja los efectos típicos de las áreas de desarrollo humano no sostenible en las cuales se carece de vegetación y la basura y las aguas residuales no tienen un adecuado manejo y tratamiento, provocando malas condiciones ambientales que hacen que en estas áreas se deteriore la salud de sus habitantes. Para coordinar acciones de desarrollo local, la comunidad se ha organizado en comité de vecinos.

El proyecto se plantea como objetivo general mejorar los niveles de salud de los habitantes en el área de influencia, y por su naturaleza se enmarca dentro de los programas de saneamiento básico. Su fase de preinversión ha consistido en la elaboración de estudios de mercado, técnico, financiero; aspectos económicos, ambientales administrativos y legales. Dichos estudios concluyen que existe demanda para el proyecto, pues solo el 46 % de la misma es atendida actualmente; por otro lado, en el medio existen las condiciones técnicas para poder ser implementado.

La alternativa de solución se determinó en la implementación de un sistema de recolección y transporte, y un relleno sanitario para la disposición final de los desechos sólidos; finalmente, cabe mencionar que los indicadores financieros de esta propuesta: valor actual neto y tasa interna de retorno son positivos para el proyecto lo que le da viabilidad financiera.

---

<sup>7/</sup> *La descripción de estos métodos se detallan en el estudio técnico de este proyecto.*

En el estudio de mercado se realizó la encuesta del proyecto por medio de la cual se determinó que existe demanda para el proyecto (más del 50 % de la población carece del servicio de recolección y transporte); la demanda actualmente atendida con este servicio es del 46.34%. En este estudio se realizó un muestreo que a partir de su análisis se caracterizaron los desechos sólidos domiciliarios que dieron como resultado 72.60% de desecho orgánico, 13.10% en desechos plásticos, 13.03% en desechos de papel, 1.11% de vidrio y 0.15% de metales; con el mismo muestreo se determinó una producción de desechos de 2.54 toneladas diarias (928 toneladas anuales).

En el estudio técnico se estableció que las colonias Tierra Nueva I y II manifiestan una baja producción de desechos sólidos (2.54 toneladas por día según estudio de mercado) lo que por sí solo no justifica la implementación de una planta de reciclaje para la recuperación de los materiales comercializables. Se requiere el aporte de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II para lograr la rentabilidad económica de la instalación y operación. La condición anterior se convirtió en el factor determinante en la toma de decisión para la alternativa técnica viable de disposición final de los desechos sólidos en un relleno sanitario. En cuanto a la composición de los desechos, los desechos orgánicos representan el mayor porcentaje (72.60%) condición que al momento de implementar una planta de reciclaje podría hacer viable la implementación de una planta de compostaje. El tamaño del relleno sanitario se estimó con base en la cantidad de desechos generados durante el horizonte del proyecto (10 años) resultando en un volumen de 21,849.25 metros cúbicos. La alternativa de localización se determinó ponderando diferentes áreas en función de su distancia a la comunidad, dirección de los vientos, vías de acceso, topografía y tamaño; en consecuencia de lo anterior, se diseñó el relleno sanitario para ser implementado en un área ubicada en el sector La Fragua de la colonia Tierra Nueva I. El diseño de la recolección y transporte de desechos sólidos se efectuó aplicando el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala, el cual –dentro de otros resultados– estableció que el tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes con camión de capacidad de 18 metros cúbicos.

En el estudio financiero se determinó que la maximización de ingresos del proyecto, corresponde a una demanda que representa el 56.10% de la demanda total que se da cuando se fija un precio de Q15.00 mensuales, sin embargo, se fijó para el proyecto una cuota mensual de Q10.00 por considerarla cercana a la maximización de ingresos y que atiende una demanda significativa del 80.49% de la demanda total. En este estudio también se determinó rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto (Q414,916.68 en inversión); se estableció que el proyecto presenta un valor actual neto financiero de Q214,878.80, una tasa interna de retorno de 21.15% y una relación financiera beneficio/costo de 1.462. Estos resultados demuestran la viabilidad financiera del proyecto.

En general, el proyecto es viable y factible porque -entre otros aspectos al nivel de estudio realizado- tiene alta aceptación en la población por considerar que coadyuvara al mejoramiento ambiental, más del 50% de las viviendas carece del servicio, el nivel de competitividad es bajo, existe aceptación de las autoridades municipales, los precios de recolección y transporte se han proyectado bajos dadas las condiciones socioeconómicas que afectan al proyecto, el proyecto es auto financiable, los insumos son de origen local y bajo costo y porque en el medio existe la capacidad técnica para su implementación.



## I. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 Municipio de Chinautla

#### 1.1.1 Ubicación:

El municipio de Chinautla (INE, 2002) se encuentra situado en la parte norte del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 42' 00" y en la longitud 90° 30' 05". Limita al Norte con el municipio de Chuarrancho (Guatemala); al Sur con el municipio de Guatemala (Guatemala); al Este con el municipio de San Pedro Ayampuc (Guatemala); y al Oeste con los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez y San Raimundo (Guatemala). Cuenta con una extensión territorial de 56 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 1,220 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 12 Kms. de la cabecera departamental de Guatemala.

#### 1.1.2 Datos históricos:

También conocida como Santa Cruz Chinautla o Chinautla, su nombre procede etimológicamente de "Jute de Agua Caliente", que viene de la lengua pocomam xinal = agua caliente; y de jutla = jute o caracol de agua; otra posibilidad es que proceda del nahuatl Chicunauh-tla plural del numeral chicunahui, que significa nueve.

El municipio de Chinautla fue fundado el 21 de mayo de 1,723, cuando Don Pedro de Alvarado redujo por las armas en 1526 al numeroso y aguerrido pueblo de Mixco. Situado entonces en el valle de Xilótepec, entre los ríos Pixcayá y Motagua, y que se había sublevado con todos los demás del recién conquistado territorio, figuraron como aliados de los mixqueños los que se conocían como de "Chignautla"; habitantes de la comarca que se extiende al otro lado del río Grande o Motagua, poblada de hombres de raza Pocomam. Estos pelearon contra los conquistadores, pero fueron vencidos y poco después de retirarse a su pueblo, enviaron varios emisarios a Alvarado, con presentes de plumas y oro, siendo llevados al lugar en donde se encuentra el actual pueblo, que se conoció como Santa Cruz de Chinautla.

Este municipio está integrado por dos asentamientos, la antigua Chinautla, que es la población tradicional y la Nueva Chinautla, que se formó después del terremoto de 1976, ubicada en un sector de Jocotales, al que corresponden las colonias Tierra Nueva I y II.

#### 1.1.3 Costumbres y tradiciones:

Su fiesta titular se celebra del 4 al 9 de diciembre en honor al Niño de Atocha. Durante la cual se realizan los bailes folklóricos de los moros y extremeño.

#### 1.1.4 Idioma:

Se habla el español y el idioma maya predominante es el Pocomam.

#### 1.1.5 Economía:

La economía del municipio, especialmente en el área tradicional, se basa en la agricultura, hatos lecheros de pequeña producción, crianza de equinos y porcinos en menor escala, así como la avicultura, industria de elaboración de carbón, explotación de los bosques y extracción de materiales de construcción.

Una de las artesanías más importantes que identifica a la comunidad es su alfarería blanca y roja, con una tradición de siglos y elaborada por mujeres indígenas.

#### 1.1.6 Centros turísticos y arqueológicos:

Cuenta con dos piscinas, una municipal y la otra particular conocidas como Baños San José. En este municipio se encuentran los centros arqueológicos de: Cimientos, Chinautla, Guías, Lehnsen, San Antonio Las Flores y San Rafael Las Flores.

#### 1.1.7 Hidrografía:

Está bañado por los ríos de: Las Vacas y Chinautla; tiene las quebradas de: Agua Tibia, El Juez y La Tuna; además cuenta con la laguneta de Nacahuil.

#### 1.1.8 Puestos de salud:

Un Centro de Salud en San Julián, Nueva Chinautla; y Puestos de Salud en: el Durazno, Colonia 6 de Marzo, San Antonio Las Flores, Santa Cruz Chinautla, Tierra Nueva I y II.

#### 1.1.9 Estación de policía:

Cuenta con dos Subestaciones, una ubicada en la Avenida Alta Verapaz, lote 47, Colonia Santa Luisa, Zona 6 y la otra en la Colonia Tierra Nueva I; ambas pertenecen a la Comisaría No. 12.

#### 1.1.10 Orografía:

En este municipio se encuentran las montañas de: El Malacate, Las Trinitarias y Valenzuela; y el cerro Nacahuil

#### 1.1.11 Geología:

Según análisis de la composición de los suelos, éstos en su mayoría están formados por arena blanca, sedimento volcánico y roca desprendida.

La Gráfica No. 1 muestra el mapa de la república de Guatemala, la ubicación del Departamento de Guatemala y dentro de éste último el Municipio de Chinautla.

Gráfica 1  
Ubicaciones cartográficas del área de impacto del estudio



## 1.2 Antecedentes

Los problemas ocasionados por la producción de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II han sido atendido por la Municipalidad de Chinautla desde 1997 de forma directa y de forma indirecta a través de empresas contratadas para el efecto; hasta finales de 1999 el cobro por prestación del servicio se incluía como tarifa especial agregado al cobro del servicio de agua potable.

Con el cambio de autoridades municipales, en enero de 2000 se autorizó a una empresa particular la prestación del servicio, el cobro se independizó y en consecuencia el número de usuarios se redujo considerablemente: según el Centro de Salud de Tierra Nueva I, el porcentaje de usuarios del servicio de recolección de basura disminuyó de 88% en 1999 a 46% para el año 2000, debido al alto costo que representó para ellos (Q20.00 por vivienda por mes).

En la medida en que no todos los vecinos pagan el servicio por su precio, por su irregularidad, o porque simplemente no cubre áreas de difícil acceso, se han vuelto a crear botaderos de residuos no controlados.

El área habitada de las colonias Tierra Nueva I y II está rodeada por barrancos que conjugado al hacinamiento en que vive la población, hacen de la región un sector vulnerable a catástrofes naturales y enfermedades epidémicas. De acuerdo al Diagnóstico Comunitario del año 2000, realizado por el Centro de Salud de Tierra Nueva I las instituciones de salud han iniciado con grupos de la comunidad y alcaldía auxiliar un plan preventivo, que entre otras acciones incluye el Saneamiento Ambiental.

### 1.3 Planteamiento del problema

#### 1.3.1 Fundamentación

El uso de la tierra y sus recursos es parte de la necesaria sobrevivencia humana, derivado de ese uso se producen entre otros efectos los desechos sólidos o basuras que inciden en la contaminación del medio ambiente y sus consecuentes efectos negativos sobre la salud, a través de la polución del aire, suelo y los recursos hídricos. La contaminación en el ambiente tiene un efecto adverso sobre el valor de los bienes inmuebles, crea molestias publicas y dicho de una manera mas general "interfiere en la vida y desarrollo saludable de la comunidad".

#### 1.2.2 Sistematización

Tomando en cuenta que el área a atender padece de estos efectos, se formula la pregunta sobre cuál es la solución – aplicable en la actualidad – a los problemas ocasionados por la producción de desechos sólidos en las colonias Tierra Nueva I y II y sus asentamientos; la cual se sistematiza en: ¿cómo debe ser el tratamiento en las viviendas, cómo se debe recolectar, transportar y disponer los desechos?

### 1.4 Justificación

En la actualidad existen alrededor de 320 asentamientos precarios en la periferia de la ciudad de Guatemala, que en su mayoría han surgido por la combinación de múltiples factores económicos, sociales, políticos y catástrofes naturales: empobrecimiento, migraciones forzadas por el reciente conflicto armado interno, migraciones económicas y fenómenos naturales, como el terremoto de 1976 por ejemplo, que dio origen a la Colonia Tierra Nueva I y II.

En la mayoría de los casos los habitantes de las comunidades que componen este cinturón de pobreza, han invadido áreas de propiedad privada o del Estado, aceptando vivir en condiciones de pobreza y pobreza extrema: con deficientes servicios básicos, expuestos a múltiples riesgos de salud y condiciones de hacinamiento que vulneran su condición humana; la contaminación ambiental producida por un inapropiado manejo de las sustancias contaminantes y un crecimiento humano no sostenido es típico en estas comunidades.

Para el caso del área geográfica considerada y de acuerdo a los datos obtenidos en el Estudio de Mercado de ésta propuesta, sólo el 46 % de la población es atendida con servicio de recolección de basura y no se tiene un área definida o autorizada para su tratamiento o disposición final, lo que provoca que surjan basureros clandestinos; en la mayoría de viviendas donde se producen los desechos existe un inadecuado almacenamiento o acondicionamiento de la basura, pues no se consideran aspectos sanitarios y de bienestar, esto provoca - entre otros efectos - la proliferación de roedores e insectos, se advierten focos de epidemias y se crean condiciones inadecuadas para el desarrollo de actividades productivas.

Las condiciones de vulnerabilidad provocadas por la pobreza y extrema pobreza en las Colonias Tierra Nueva I y II, sumadas al riesgo permanente que crea la contaminación ambiental para la salud mental y física de sus habitantes, puede ser ocasión de múltiples catástrofes prevenibles; en virtud de lo anterior el desarrollo de la presente propuesta permitiría, entre otras cosas el manejo

apropiado de desechos sólidos domiciliarios, enfrentando y resolviendo la problemática en el largo plazo, desde sus causas fundamentales y no desde su efectos marginales (basura, contaminación, insalubridad, etc.) que se derivan de ella.

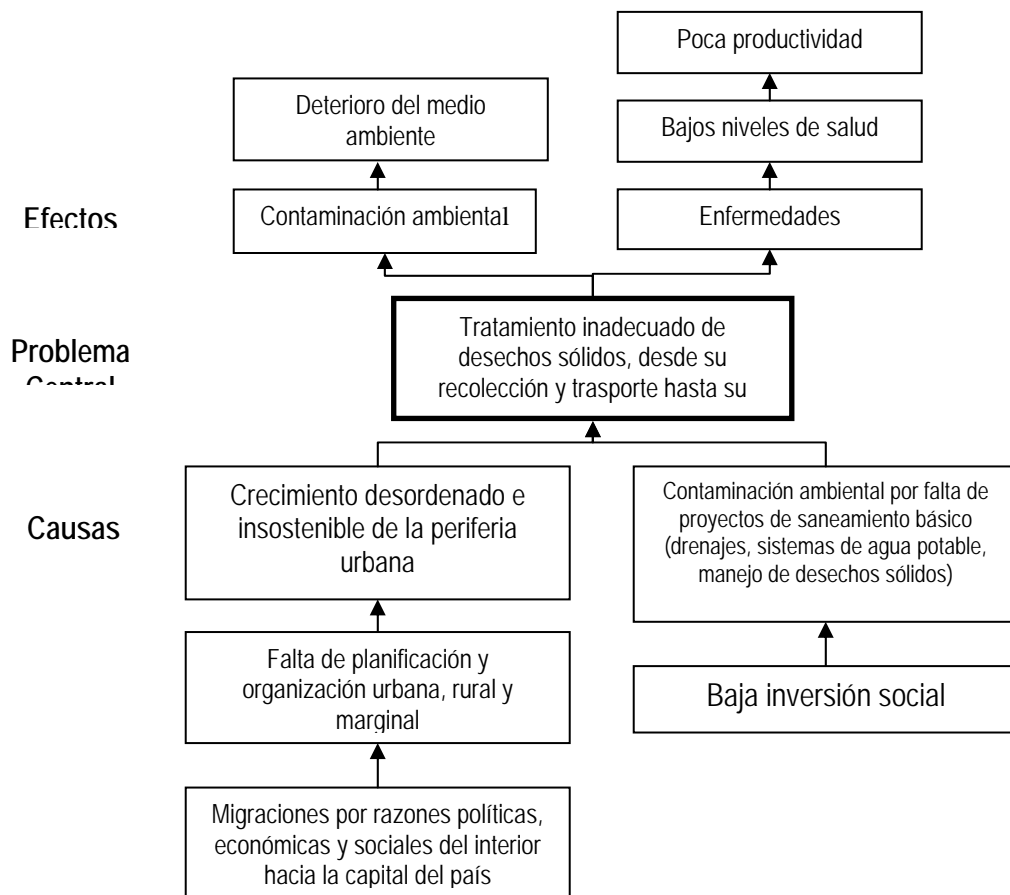
El "Estudio de factibilidad para el manejo de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II de Chinautla departamento de Guatemala" comprende la implementación de un sistema de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos, que junto a otros proyectos situados dentro de los programas de saneamiento básico (drenajes, sistemas de agua potable, etc.), permitirán mejoras en el ambiente y la salubridad en las comunidades beneficiarias.

## 1.5 Análisis metodológico

### 1.5.1 Árbol de problemas

Por medio de la metodología del marco lógico, se elaboró un árbol de problemas, que presenta de manera sintética, coherente y ordenada la problemática de la comunidad, y entre ella la ubicación del problema abordado por esta propuesta (ver diagrama 1).

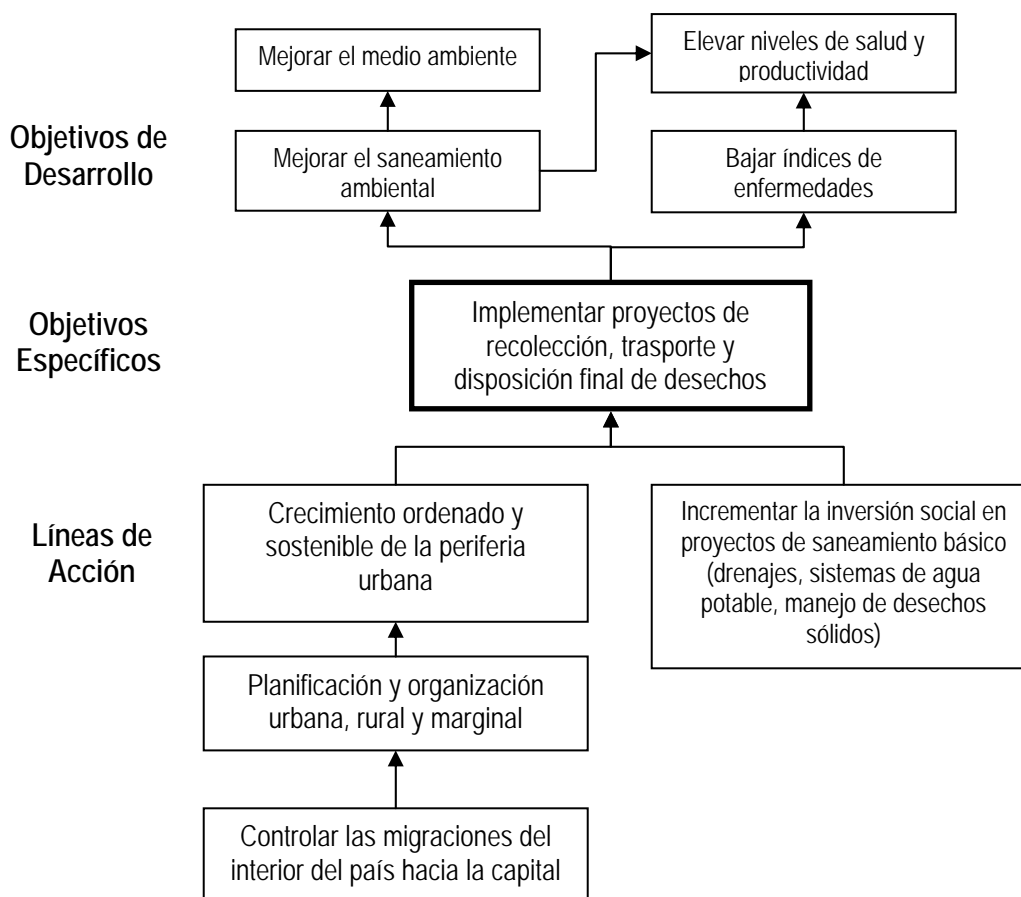
DIAGRAMA 1  
Tierra Nueva I y II  
ÁRBOL DE PROBLEMAS



## 1.5.2 Árbol de objetivos

Siguiendo la metodología del marco lógico y para seleccionar la mejor alternativa para el proyecto, se elaboro el siguiente árbol de objetivos (ver diagrama 2).

DIAGRAMA 2  
Tierra Nueva I y II  
ÁRBOL DE OBJETIVOS



## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo de desarrollo

Elevar los niveles de salud de la población a través de la implementación de un sistema de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos que tienda a mitigar el impacto ambiental ocasionado por la producción de los mismos.

## 1.6.2 Objetivos específicos

1.6.2.1 Promover una cultura de no desecho y de un adecuado almacenamiento o acondicionamiento y tratamiento de desechos sólidos en los lugares donde se producen a través de campañas y acciones específicas.

1.6.2.2 Establecer el área y las condiciones para implementar un relleno sanitario para la disposición final de desechos sólidos que permita un manejo ambientalmente adecuado.

## 1.7 Análisis de opciones

El problema de los Desechos Sólidos es muy complejo, y no permite tratamientos parciales, como se ha estado dando hasta la fecha; es necesario promover su manejo desde su producción, recolección, transporte, hasta su disposición.

Para la elaboración del estudio se consideraron las siguientes opciones:

1.7.1 Opción 1: Recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios en un relleno sanitario: consiste en recolectar, transportar y disponer de los desechos sólidos concentrando el 100 % de los mismos en un relleno sanitario.

1.7.2 Opción 2: Recolección, transporte, clasificación y disposición final de desechos sólidos en una planta de compostaje y en un relleno sanitario: Consiste en recolectar, transportar y clasificar los desechos sólidos, en orgánicos para su tratamiento en una planta de compostaje e inorgánicos para su disposición final en un relleno sanitario.

1.7.3 Opción 3: Recolección, transporte, clasificación y disposición final de desechos sólidos en una planta de compostaje, en un relleno sanitario y almacenamiento-comercialización del material de reciclaje: consiste en recolectar, transportar y clasificar los desechos sólidos, en orgánicos para su disposición en una planta de compostaje e inorgánicos los que a su vez se clasificarán en no aprovechables para su disposición en un relleno sanitario y aprovechables para su almacenamiento y comercialización como material de reciclaje.

En el análisis de opciones se tomó en consideración las dificultades que se han presentado en la implementación de este tipo de proyectos, básicamente manifestadas en las siguientes consideraciones:

- i. Que no se dé la clasificación y en consecuencia que el relleno sanitario se utilice para disponer de la totalidad de desechos sólidos.
- ii. Que los desechos no tengan una adecuada clasificación y en consecuencia una mala distribución en sus componentes.
- iii. Que el personal de operación no esté capacitado adecuadamente.

- iv. Que la administración en la etapa de operación del proyecto se base más en intereses políticos o en las costumbres del medio para el manejo de los desechos y no tome en cuenta el estudio de preinversión.
- v. Agregado a lo anterior, se tomaron como elementos de análisis fundamentalmente la cantidad de los desechos sólidos que actualmente se genera a diario de aproximadamente 2.54 toneladas métricas por día (2,542.82 Kg./día: ver Análisis de Muestras); de esa cuenta se descartaron las opciones 2 y 3 al considerar que la cantidad de desechos no representaba una cantidad significativa para implementar una clasificación y en consecuencia la comercialización de material de reciclaje y una planta de compostaje, por lo que aún con el alto porcentaje de desecho orgánico producido, se desechó dicha posibilidad (72.60 % de desecho orgánico: ver Cuadro 4 y Gráfico 2). La Guía para la identificación de proyectos y formulación de estudios de prefactibilidad para el manejo de residuos sólidos urbanos, del Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social recomienda una producción mínima de 40 toneladas por día para ser viable un proyecto de este tipo (Szantó, 1996).

Con base en lo anterior se tomó la decisión de considerar como Alternativa de estudio la Opción 1: "recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios en un relleno sanitario" con un horizonte de 10 años, en el cual se puede efectuar un manejo de desechos susceptible de ser mejorado y ampliado en su vida útil si durante su operación se tomara la decisión y se llevara a la práctica la implementación de una planta de compostaje y una separación de material de reciclaje. Esta consideración se basa en que la vida útil de un relleno sanitario está en función de su capacidad y si éste se diseña para recibir el 100% de desechos, su período de operación aumentará considerablemente al momento de recibir únicamente desechos inorgánicos y más aún si solo recibe desechos no aprovechables. Partiendo de las consideraciones anteriores se ha formulado el presente estudio que comprende el manejo de desechos sólidos domiciliarios consistente en la recolección, transporte y disposición final mediante un relleno sanitario.

Se estima que el proyecto atenderá - al final del horizonte proyectado a 10 años - de manera directa en la recolección y transporte de desechos sólidos a 3,106 familias beneficiarias (80.49 % de la población) y recibirá para su disposición final en el relleno sanitario los desechos generados por 3,859 familias (100 % de la población).

### 1.8 Matriz de proyecto

Con base al ejercicio de marco lógico que se ha venido desarrollando para la selección y análisis de alternativas, se elaboró la siguiente matriz de proyecto para completar los aspectos de planificación del mismo.



ESTRATEGIA	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS (EXTERNALIDADES)
<b>Objetivo Superior:</b> Elevar los niveles de salud de la población atendida.	Resultados de los registros de pacientes en los puestos de salud local	Registros de salubridad de los centros de atención en salud	La salud no se ve alterada por nuevos factores
<b>Objetivo de Desarrollo:</b> Eliminar la contaminación ambiental producida por el mal manejo de desechos sólidos domiciliarios.	Resultados de análisis de la calidad del aire, agua y suelos que se deberán determinar durante las evaluaciones previas y posteriores al periodo de operación del proyecto.	Registros de análisis en laboratorios autorizados	La municipalidad desarrolla acciones paralelas en servicios básicos
<b>Objetivo del proyecto:</b> Manejo ambientalmente adecuado de los desechos sólidos domiciliarios producidos en las comunidades atendidas	El 100% de los desechos sólidos domiciliarios producidos dispuestos adecuadamente en un relleno sanitario	Registros estadísticas de la administración del proyecto	La municipalidad acepta y apoya la implementación del proyecto
<b>Resultados:</b> 1. Recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos producidos en un relleno sanitario. 2. Recuperación de terrenos barrancosos que actualmente son utilizados como botaderos de basura. 3. Conciencia ecológica en el manejo de desechos sólidos en los lugares de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Recolección y transporte del 80.49 % de los desechos sólidos generados y manejo del 100% de desechos generados en un relleno sanitario, a partir del cual se obtendrá la nivelación de 1175 mts<sup>2</sup> de área de terreno que representa el área de la celda superior del relleno sanitario.</li> <li>– Cantidad de área de terrenos recuperados para reforestación y otros usos productivos por medio de la eliminación en un 100% de la cantidad de los desechos sólidos dispuestos en botaderos no controlados que representa la demanda actual no atendida que equivale al 56.66% de la generación total.</li> <li>– Cambio de comportamiento en el manejo de desechos sólidos en los usuarios del servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Informes administrativos del funcionamiento del proyecto</li> <li>– Terrenos o nivelado en el relleno sanitario</li> <li>– Terrenos con cambio de uso.</li> <li>– Información estadística de los cambios</li> </ul>	La comunidad apoya la implementación del proyecto La municipalidad y otras organizaciones cofinanciantes apoyan la ejecución del proyecto
<b>Actividades:</b> 1.1 Implementación del sistema de recolección, y transporte de desechos sólidos. 1.2 Implementación de un relleno sanitario 2.1 Nivelación de un terreno al final del horizonte del proyecto en donde se conformará el relleno sanitario 2.2 Cambio de uso de los terrenos barrancosos que actualmente se utilizan como botaderos no controlados en áreas verdes y de reforestación. 3.1 Campaña de educación ambiental	<b>Insumos y costos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Los recursos para la administración, operación y mantenimiento del sistema de recolección y transporte de desechos sólidos ascienden al costo de Q.210,584.48 anuales.</li> <li>– Los recursos para la implementación de un relleno sanitario ascienden a la inversión de Q.141,864.00 y para su administración, operación y mantenimiento Q.17,468.20</li> <li>– Material educativo contemplado como parte de los costos del estudio de preinversión que en total asciende a Q.45,000.00.</li> <li>– La inversión en capital de trabajo es de Q.228,052.68</li> </ul>	Informes de actividades basadas en la contabilidad y auditoría interna y externa, exámenes técnicos de control y evaluaciones al proyecto.	La municipalidad ejecuta otras acciones de saneamiento que contribuyen alcanzar el objetivo del proyecto (barrido de calles y limpieza de drenajes)

## 1.9 Marco teórico y conceptual

Los desechos sólidos son todos los materiales sobrantes que proceden de actividades humanas, de animales y la vegetación que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseados. Esta definición incluye todo, y abarca las masas heterogéneas de desechos de

comunidades urbanas lo mismo que acumulaciones más homogéneas de desechos agrícolas, industriales y minerales (Tchobanoglous, 1999).

Una clasificación general de los desechos sólidos podría darse de acuerdo con su origen o lugar de producción, partiendo que las zonas altamente urbanizadas presentan diferencias significativas con las urbanas: a) desecho sólido rural: que puede ser fácilmente recuperado de forma natural (alimento para ganado, abono de tierra, etc.), o bien eliminado mediante su simple abandono; b) desecho sólido urbano: que no puede ser eliminado por el lugar en donde se produce y su composición alta en materiales no orgánicos.

Otra forma de clasificar los desechos sólidos es en grupos, según su naturaleza particular:

- i. Residuos domiciliarios
- ii. Residuos de mercado y mataderos
- iii. Residuos de centros hospitalarios
- iv. Residuos provenientes de limpieza de: calles, playas, etc.
- v. Residuos de obras de construcción y su demolición
- vi. Lodos y fangos depurados de aguas residuales
- vii. Residuos comerciales y de oficinas
- viii. Residuos urbanos voluminosos
- ix. Residuos resultantes del abandono de vehículos
- x. Restos de podas, mantenimiento y conservación de zonas verdes
- xi. Animales muertos
- xii. Residuos tóxicos de laboratorios, centro de investigación y similares.

La clasificación podría ser mucho más extensa si se piensa en todas y cada una de las actividades humanas, industriales y de zonas urbanas, pero para efectos de éste estudio se considera suficiente la anterior y en detalle el estudio de los residuos sólidos domiciliarios.

Los desechos sólidos domiciliarios proceden de las distintas actividades de la vida en comunidad, se presentan en dimensiones manejables y generalmente en recipientes más o menos normales (bolsas, contenedores, etc.); comprenden los residuos procedentes de viviendas, de la limpieza de calles y veredas, de zonas verdes y de establecimientos industriales y comerciales cuando son asimilables a los residuos domiciliarios (material de oficina, restos de comedores, etc.).

Los residuos voluminosos de origen doméstico que por su forma, volumen, peso o tamaño son de difícil recogida, pueden incluirse en el grupo de desechos domiciliarios voluminosos, tomando en cuenta características comunes y su lugar de producción.

### 1.9.1 Los impactos de la producción de desechos sólidos

El hombre y los animales han usado los recursos naturales desde tiempos ancestrales, dicha práctica conlleva la producción de desechos que originalmente no necesitaron de mayor control debido a su cantidad y características. En tiempos antiguos, la disposición de desechos humanos y de otra naturaleza no presentó un problema significativo, debido a que la población era pequeña y la cantidad de tierra disponible para la asimilación de desechos era grande; hoy día se habla de reusar el valor

energético y fertilizante de los desechos sólidos, pero el agricultor de los tiempos antiguos probablemente hizo un intento más audaz de esto. Todavía se pueden ver indicaciones de reuso en las prácticas agrícolas primitivas, aún sensibles en muchas naciones en desarrollo donde los granjeros recirculan desechos sólidos por su valor combustible o fertilizante (Tchobanoglous, 1999).

Los problemas con la disposición de desechos sólidos pueden ser encontrados desde el tiempo en que los seres humanos empezaron a congregarse en tribus, poblaciones y comunidades y la acumulación de desechos se convirtió en una consecuencia de la vida. En las ciudades medievales la dispersión de alimentos y otros desechos sólidos, la práctica de botar desechos en calles sin pavimentar, carreteras y terrenos desocupados, condujo a procreación de ratas, con su compañía de pulgas, acarreando gérmenes y sus consecuentes problemas de salubridad; la falta de planes para el manejo de los desechos sólidos condujo a la muerte a uno de cada dos europeos en el siglo catorce. No fue hasta el siglo diecinueve que las medidas de control de salud pública se convirtieron en una consideración vital de los funcionarios públicos, quienes empezaron a darse cuenta de que los desechos de alimentos se debían recolectar y disponer en forma sanitaria para controlar vectores de enfermedades.

La relación entre salud pública y el almacenamiento, recolección y disposición inadecuados de desechos sólidos es muy clara; autoridades de Salud Pública han demostrado que las ratas, moscas y otros vectores de enfermedades procrean en botaderos a campo abierto, lo mismo que en viviendas pobremente construidas o mantenidas, en instalaciones de almacenamiento de alimentos, y en muchos otros lugares donde hay alimento y albergue disponible para las ratas y los insectos asociados con ellas (Udpa y Salinas, 1969).

Los impactos ecológicos tales como contaminación del agua y el aire también han sido atribuidos a manejo impropio de los desechos sólidos; por ejemplo el líquido de botaderos y rellenos pobremente diseñados y operados ha contaminado aguas superficiales y subterráneas. En áreas mineras el líquido lixiviado de los botaderos de desechos puede contener elementos tóxicos, tales como cobre, arsénico y uranio, o pueden contaminar abastecimientos de agua con sales indeseadas de calcio y magnesio. Mientras que la capacidad de la naturaleza para diluir, dispersar, degradar, absorber o disponer de otra manera de sus residuos indeseados en la atmósfera es alta, en los recursos agua y sobre todo suelo es bien conocido que ésta capacidad es limitada; los seres humanos no pueden exceder esta capacidad natural disponiendo sus desechos indeseables sin medida, pues se corre el riesgo de un desequilibrio ecológico sobre la biosfera.

La educación formal en el campo del manejo de los desechos es incipiente y poco desarrollada, por la implementación inadecuada de políticas existentes en salud pública y las deficiencias institucionales.

### 1.9.2 Primeras prácticas de disposición

Los métodos más comúnmente reconocidos para la disposición final de desechos sólidos a principios de siglo eran: 1) arrojar sobre el suelo, 2) arrojar en el agua, 3) enterrar con arado en el suelo, 4) alimento para porcinos, 5) reducción, y 6) incineración. No todos estos métodos eran aplicables a todos los tipos de desechos; enterrar con arado en el suelo se usaba para desechos de alimentos y barrido de calles, alimento para porcinos y la reducción se usaron específicamente para desechos de alimentos (Tchobanoglous, 1999).

- i. Arrojar sobre el suelo: debido a que era una tarea simple acarrear los desechos sólidos hasta los extramuros de la población y arrojarlos allí, los botaderos a campo abierto se convirtieron en un método común de disposición para comunidades urbanas, y la quema de estos botaderos fue una práctica común. Los botaderos a campo abierto también atrajeron moscas y ratas que diseminaron enfermedades. Esta disposición peligrosa se convirtió en un tema de gran preocupación para las autoridades de salud pública, a quienes se les dio la responsabilidad para controlar los desechos sólidos.
- ii. Arrojar en el agua: aunque este método fue usado por algunas ciudades costarricenses, no fue favorecido debido a que las consecuencias de la contaminación fueron bien reconocidas.
- iii. Enterrar con arado en el suelo: éste método de disposición mediante entierro con arado en el suelo fue usado para desechos de alimentos y barrido de calles, debido a la necesidad de grandes áreas de terreno y al hecho de que los desechos de alimentos debían ser separados de otros desechos.
- iv. Alimento para porcinos: con frecuencia los desechos de alimentos fueron dados a cerdos en granjas cercanas a áreas urbanas; debido a esta práctica se extendió la triquinosis cuando se dieron pedazos de cerdo contaminado en la recirculación de desechos de alimentos, los que reinfectaron a otros cerdos y a la gente que consumió su carne.
- vi. Reducción: la reducción de desechos de alimentos es un método que ya no se usa, era un proceso de extracción de la grasa mediante el cual los desechos se trataban para separar las partes sólida y líquida y recuperar la grasa contenida en una o ambas porciones. La parte sólida era conocida como "fertilizante orgánico" y se desarrollaron y usaron varios procesos; la grasa recuperada se usó para hacer pomadas y los grados más baratos de perfumería, lo mismo que como grasa para vagones.
- vii. Incineración: la incineración es considerada como un proceso de reducción de volumen a cenizas, consiste en la quema de la basura; aunque la incineración fue considerada como un método de disposición final a principios de siglo, ahora es considerada como un proceso de conversión de energía.

El manejo esclarecido de desechos sólidos, con énfasis en el descargue controlado (conocido ahora como "relleno sanitario"), se puede encontrar a principios de los años 1940 en los Estados Unidos y una década antes en el Reino Unido (Sakurai, 2001).

### 1.9.3 Elementos funcionales

Los problemas asociados con el manejo de desechos sólidos en la sociedad de hoy día son complejos debido a la cantidad y naturaleza diferente de los desechos, el desarrollo irregular de grandes áreas urbanas, las limitaciones de recursos para servicios públicos en muchas ciudades grandes, los impactos de la tecnología, y las limitaciones emergentes de energía y materias primas. En consecuencia, si el manejo de los desechos sólidos se va a realizar de una manera eficiente y ordenada, se deben identificar y comprender claramente los aspectos y fundamentales relaciones.

Para resolver problemas específicos de desechos sólidos, los distintos elementos funcionales se combinan en lo que generalmente es conocido como un sistema de manejo de desechos sólidos. En la mayoría de las ciudades un sistema de manejo de desechos sólidos comprende cuatro elementos funcionales: producción de desechos, almacenamiento in situ, recolección y disposición. Además, uno de los objetivos del manejo de desechos sólidos es la optimización de estos sistemas para proporcionar la solución más eficiente y económica, en concordancia con todas las restricciones impuestas por los usuarios del sistema y aquellos que son afectados o controlan su uso.

- i. Producción de desechos: la producción de desechos comprende aquellas actividades en las cuales se identifican los materiales que ya no son útiles y son desechados o recogidos para su disposición final; por ejemplo, la envoltura de una barra de caramelo se considera de poco valor para el propietario una vez ha consumido el caramelo y con mayor frecuencia es desechada de inmediato, especialmente a campo raso. Debido a que la producción de desechos es actualmente una actividad no muy controlable, frecuentemente no es considerada como un elemento funcional; en el futuro sin embargo, probablemente se ejercerá un mayor control sobre la producción de desechos. Desde el punto de vista económico, el mejor lugar para sortear materiales de desecho con propósitos de recuperación es en la fuente de producción, debido a que los propietarios de las viviendas se están volviendo más conscientes de la importancia de separar periódicos y cartón, latas de acero delgado, aluminio y botellas.
- ii. Almacenamiento in situ: aunque los desechos sólidos de fuentes urbanas pueden constituir sólo el 5% de los desechos sólidos de la nación, su manejo exige un esfuerzo continuo. La razón es que son desechos heterogéneos visibles que son producidos, en su mayor parte, donde la gente vive y en áreas con espacio limitado para el almacenamiento. Estos desechos no se pueden tolerar largo tiempo sobre la base de premisas personales debido a su degradación y deben ser trasladados en un tiempo razonable, generalmente menos de 8 días (Szantó, 1996). El costo de proveer almacenamiento para desechos sólidos en la fuente normalmente es aportado por el dueño de la vivienda o apartamento en el caso de individuos o por la administración de propiedades comerciales o industriales. El almacenamiento in situ es de importancia primordial debido a consideraciones estéticas, de salud pública y económica involucradas, sin embargo es frecuente ver recipientes de aspecto desagradable y lugares de almacenamiento al aire libre, ambos son inaceptables en áreas residenciales y comerciales.
- iii. Recolección: incluye el acarreo de los desechos recolectados por medio de un vehículo hasta un lugar elegido y preparado para su disposición final. La solución al problema de acarreo a grandes distancias se complica en la medida en que los vehículos a motor que son bien adaptados para el acarreo a larga distancia no son adecuados o particularmente económicos para la recolección casa por casa. Por consiguiente, en la mayoría de los casos se necesitan instalaciones y equipos adicionales de transferencia y transporte.
- iv. Transferencia y transporte: el elemento funcional de transferencia y transporte comprende dos etapas: 1) la transferencia de los desechos desde un vehículo de recolección pequeño a un equipo de transporte más grande y 2) el transporte subsiguiente de los desechos, generalmente sobre grandes distancias, al sitio de disposición. La transferencia generalmente tiene lugar en una estación de transferencia; aunque el transporte en vehículos de motor es más común también se usan ferrocarriles o barcas para transportar desechos.

- v. **Procesado y recuperación:** el elemento funcional de procesado y recuperación incluye todas las técnicas, equipo e instalaciones usadas para mejorar la eficiencia de los otros elementos funcionales y para recuperar materiales utilizables, conversión de productos o energía de desechos sólidos. En la recuperación de materiales las operaciones de separación han sido ideadas para recuperar recursos valiosos de los desechos sólidos mezclados, entregados a las estaciones de transferencia o plantas de procesado de desechos sólidos. Estas operaciones incluyen reducción de tamaño y separación de densidad mediante clasificadores de aire; una ulterior separación puede incluir dispositivos magnéticos para extraer hierro, separadores de corriente en contra flujo para aluminio y mallas para vidrio. También pueden ser reusados: la flotación, separación por inercia, y otras operaciones unitarias de la industria metalúrgica. La selección de cualquier proceso de recuperación es una función económica - costo de separación versus valor de los materiales recuperados o productos - debido a que los precios fluctúan ampliamente; en cualquier análisis económico se deben considerar estimativos de los precios máximos y mínimos.
- vi. **Disposición final:** el último elemento funcional en el sistema de manejo de desechos sólidos es la disposición final. La disposición final es el último destino de todos los desechos sólidos, ya sean desechos residenciales recolectados y transportados directamente a un relleno sanitario, desechos semisólidos (lodo) de plantas de tratamiento municipal o industrial, residuo del incinerador, abono u otras sustancias de diferentes plantas de procesado de desechos sólidos que ya no son útiles a la sociedad.

Entonces, la planificación del uso de la tierra se convierte en un determinante primordial en la selección y operación de rellenos sanitarios. Un relleno sanitario moderno no es un botadero a campo abierto, es un método de disposición de los desechos sólidos que no crea molestias o riesgos para la salud, tales como criaderos de ratas e insectos y la contaminación del agua subterránea, o la seguridad pública. Se deben seguir los principios de ingeniería para confinar los desechos al área más pequeña posible, reducirlos al mínimo volumen práctico mediante compactación en el sitio y cubrirlos después de cada día de operación para reducir la exposición a las plagas. Después de que toda el área es llenada, se debe colocar una cubierta de tierra de 60 centímetros mínimo de espesor, y agregar más tierra si se producen asentamientos diferenciales durante la descomposición de la materia orgánica subyacente. Esta descomposición es anaerobia y en consecuencia tiene una tasa de reacción muy lenta, con el peligro de producir gas metano en su proceso de biodegradación (Jaramillo, 1991).

Una de las más importantes es planificar el uso final de la tierra recuperada; muchos campos de golf han sido establecidos sobre rellenos sanitarios, parques, almacenamientos al aire libre y campos de atletismo ocupan sitio de muchos rellenos sanitarios antiguos. Estos deben ser planificados de manera que no se localicen edificaciones sobre los desechos sólidos en descomposición; la planificación se debe hacer antes del llenado de manera que las áreas para construcciones sean llenadas únicamente con tierra.

## II. ESTUDIO DE MERCADO

### 2.1 El servicio en el mercado

#### 2.1.1 Definición del servicio

"Recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II del municipio de Chinautla, departamento de Guatemala."

#### 2.1.2 Servicio principal

Recolección y transporte de desechos sólidos domiciliarios comunes; papel, cartones, vidrios, plásticos, desechos orgánicos (biodegradables) y metales.

#### 2.1.3 Servicios sustitutos o similares

- i. Recolección y transporte de desechos sólidos domiciliarios por empresas concesionarias por la municipalidad de Chinautla.
- ii. Utilización de terrenos baldíos para depositar ahí los desechos domiciliarios (basureros clandestinos).
- iii. Incineración no controlada.

#### 2.1.4 Servicios complementarios

- i. Relleno sanitario controlado.
- ii. Incineración controlada.
- iii. Elaboración de compost.
- iv. Reciclaje y comercialización.

### 2.2 Área del mercado para la prestación del servicio

#### 2.2.1 Población consumidora, contingente actual y futuro:

El área de influencia del proyecto abarca las colonias Tierra Nueva I y II del municipio de Chinautla, del departamento de Guatemala. En dicho sector habitan actualmente un total de 15,505 pobladores. Alrededor de 3,101 familias u hogares, si se consideran familias de 5 miembros en promedio, (en encuesta realizada en el sector se determina un promedio de 5 miembros por familia).

Para los próximos diez años, se estima que la población en el sector crecerá a un ritmo del 2.21% anual (ver cuadro 1). Por los barrancos existentes, no existen áreas de futuro desarrollo habitacional en el lugar.

## 2.2.2 Tasa de crecimiento de la población:

De acuerdo a los datos obtenidos en el Censo de Población por comunidad, en el Diagnóstico Comunitario del año 2002, del Centro de Salud Tierra Nueva, la tasa de crecimiento poblacional anual del sector Tierra Nueva I y II se registra en un 2.21%. Esta tasa se espera que disminuya por el hecho de que el lugar se encuentra ya saturado de viviendas y la topografía no facilita incorporar más viviendas.

CUADRO 1  
Tierra Nueva I y II  
POBLACION

AÑO	NUMERO DE HABITANTES	NUMERO DE FAMILIAS
2003	15,848	3,170
2004	16,198	3,240
2005	16,556	3,311
2006	16,922	3,384
2007	17,296	3,459
2008	17,678	3,536
2009	18,069	3,614
2010	18,468	3,694
2011	18,876	3,775
2012	19,293	3,859

*La estimación de población durante el horizonte del proyecto se calculó tomando como base la población actual (15,505 habitantes en el año 2002) a una tasa de crecimiento poblacional de 2.21% anual y el número de familias se establece tomando como base 5 personas por familia*

*Fuente: Estimaciones propias utilizando el método geométrico, basadas en datos del Censo de Población del Centro de Salud Tierra Nueva Chinautla. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, C. A.*

## 2.2.3 Estructura de la población:

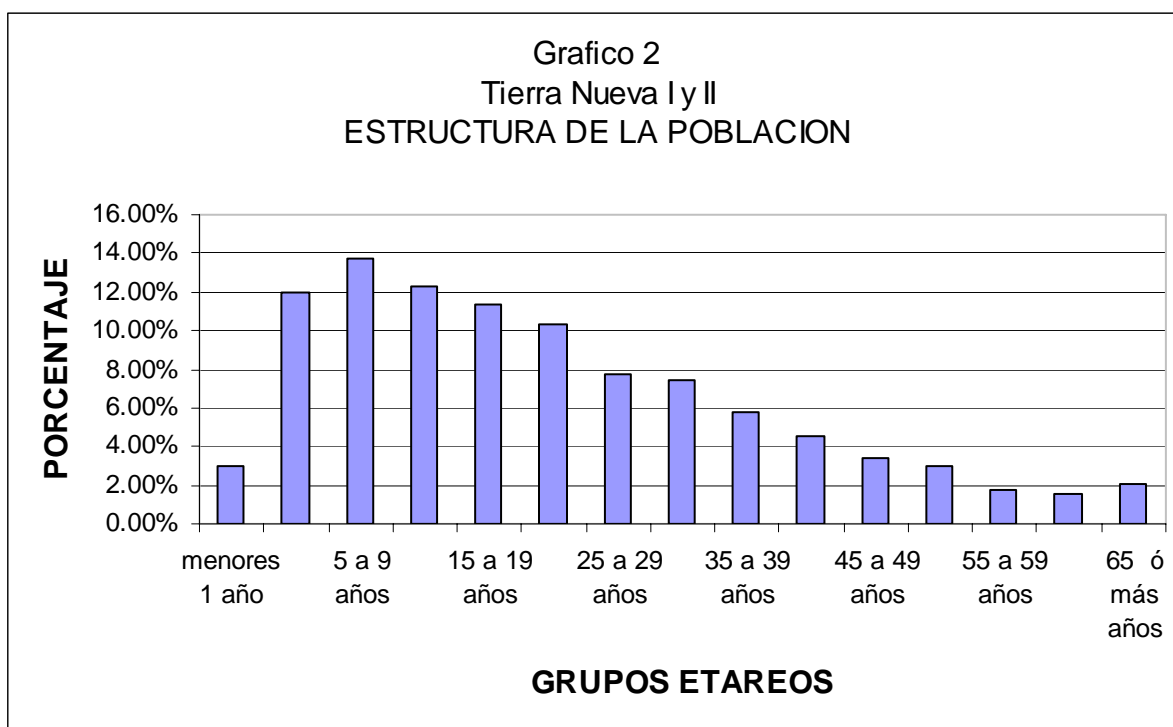
La distribución por edades de la población de las colonias Tierra Nueva I y II del Municipio de Chinautla, Guatemala se presenta en cuadro 2.



**CUADRO 2**  
**Tierra Nueva I y II**  
**ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN: GRUPOS ETAREOS (Año 2002)**

GRUPOS ETAREOS	NUMERO DE HABITANTES	PORCENTAJE
menores 1 año	470	3.03%
1 a 4 años	1853	11.95%
5 a 9 años	2127	13.72%
10 a 14 años	1912	12.33%
15 a 19 años	1763	11.37%
20 a 24 años	1601	10.33%
25 a 29 años	1193	7.69%
30 a 34 años	1158	7.47%
35 a 39 años	896	5.78%
40 a 44 años	707	4.56%
45 a 49 años	533	3.44%
50 a 54 años	468	3.02%
55 a 59 años	266	1.72%
60 a 64 años	233	1.50%
65 ó más años	325	2.10%
<b>TOTAL</b>	<b>15,505</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Censo de Población del Centro de Salud Tierra Nueva Chinautla. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, C. A.*



*Fuente: Cuadro 2*

## 2.2.4 Ingresos de la población:

Los habitantes de las colonias Tierra Nueva I y II son en su mayoría obreros, muchos de ellos dedicados a la albañilería, carpintería y/o trabajos de electricidad.

Escasamente, el 8.9% se considera empleado público o privado. Prevalece como principal actividad masculina la albañilería y en la femenina oficios domésticos. La proliferación de empresas dedicadas a la maquila, ha captado a la población, estimulado y ofrecido fuentes de empleo.

Tomando en cuenta el panorama de la situación laboral de los pobladores del sector, se espera que el salario promedie alrededor del salario mínimo actual mensual: Q 784.00.

## 2.3 Análisis de la demanda

### 2.3.1 Situación actual:

Con el objeto de estimar las estadísticas básicas del comportamiento de la producción de desechos sólidos domiciliarios, se realizó un muestreo con base en una prueba piloto consistente en la medición en kilogramos de la generación de desechos sólidos durante un período de tres días, en diez viviendas tomadas al azar entre los distintos sectores de las colonias analizadas. Los datos obtenidos de la prueba se muestran en el cuadro 3.

CUADRO 3  
Tierra Nueva I y II  
GENERACION Y CARACTERIZACION DE DESECHOS SÓLIDOS  
(Prueba Piloto: Producción en 3 días por 10 familias)

No. Vivienda	Total		Orgánico		Papel		Plástico		Metal Peso Kg.	Vidrio Peso Kg.
	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a M3	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a m3		
1	3.239	0.049	1.890	0.005	1.009	0.032	0.241	0.001	0.099	
2	4.773	0.049	2.571	0.015	0.526	0.025	0.270	0.008	1.406	
3	2.778	0.041	1.101	0.006	1.110	0.026	0.567	0.009		
4	1.562	0.013	1.193	0.009	0.284	0.003	0.085	0.001		
5	3.631	0.024	0.057	0.003	0.313	0.004	2.410	0.015	0.511	0.340
6	2.890	0.027	2.266	0.012	0.255	0.007	0.369	0.008		
7	2.863	0.047	1.219	0.007	1.304	0.031	0.340	0.009		
8	2.154	0.025	1.616	0.009	0.283	0.008	0.255	0.008		
9	1.219	0.036	0.567	0.017	0.255	0.007	0.255	0.008		0.142
10	3.143	0.045	1.611	0.008	1.164	0.028	0.368	0.009		
TOTAL	28.25	0.356	14.09	0.091	6.50	0.171	5.16	0.076	2.02	0.48

Va: volumen aparente;

Fuente: elaboración propia

Los resultados estadísticos de peso en kilogramos por vivienda para 3 días de generación de desechos de la prueba piloto son los siguientes:

Media Aritmética:.....	2.82517
Mediana:.....	2.87650
Desviación estándar: ....	1.01922
Varianza de la muestra:..	1.03880
Suma .....	28.2517

### 2.3.1.1 Determinación de número de muestras

Para la determinación del número de muestras a realizar, se aplicó la siguiente fórmula recomendada por el Doctor Kunitoshi Sakurai, en su "Guía para el diseño de Rellenos Sanitarios (Sakurai, 2001).

$$n = \frac{S^2}{[(E / 1.96)^2 + S^2/N]}$$

Donde:

- n: número de viviendas a muestrear
- S: desviación estándar de la muestra de la prueba piloto (gr/hab/día)
- E: error permisible de la estimación (gr/hab/día)
- 1.96<sup>2</sup>: es la constante Z<sup>2</sup> que representa un nivel de confianza al 95 %
- N: número total de viviendas

Con los datos de la prueba piloto se logró determinar la desviación estándar de 1.019 kg/vivienda en 3 días de producción de desechos sólidos domiciliarios; convirtiendo este dato a gr/hab/día de la siguiente manera:

$$S = 1.01922 \text{ kg/vivienda} / 3 \text{ días} / 5 \text{ hab/vivienda} * 1000 \text{ gr/kg} = 67.94767 \text{ gr/hab/día}$$

Para aplicar la fórmula propuesta se aceptó el error permisible de la estimación con un valor de 25 gr/hab/día. Según el Dr. Kunitoshi Sakurai, asesor regional en residuos sólidos en América Latina, es permisible un error de hasta 50 gr/hab/día.

Para la aplicación de la fórmula se emplean los siguientes datos:

- S = 67.94767 gr/hab/día
- E = 25 gr/hab/día
- N = 3,101 viviendas

$$n = \frac{(67.94767 \text{ kg/hab/día})^2}{(25 \text{ gr/hab/día}/1.96)^2 + (67.94767 \text{ kg/hab/día})^2 / 3101 \text{ viviendas}}$$

$$n = 28.12063 \text{ viviendas}$$

Del resultado anterior (28.12063) y realizando una aproximación conveniente, se tomó como dato un número de viviendas a muestrear aleatoriamente de 30.

### 2.3.1.2 Análisis de muestras

En el cuadro 4 se muestra la composición y cantidad de desechos sólidos del muestreo realizado a 30 viviendas tomadas al azar dentro de los distintos sectores que conforman las colonias Tierra Nueva I y II. La composición se determinó por medio de la clasificación de los desechos.

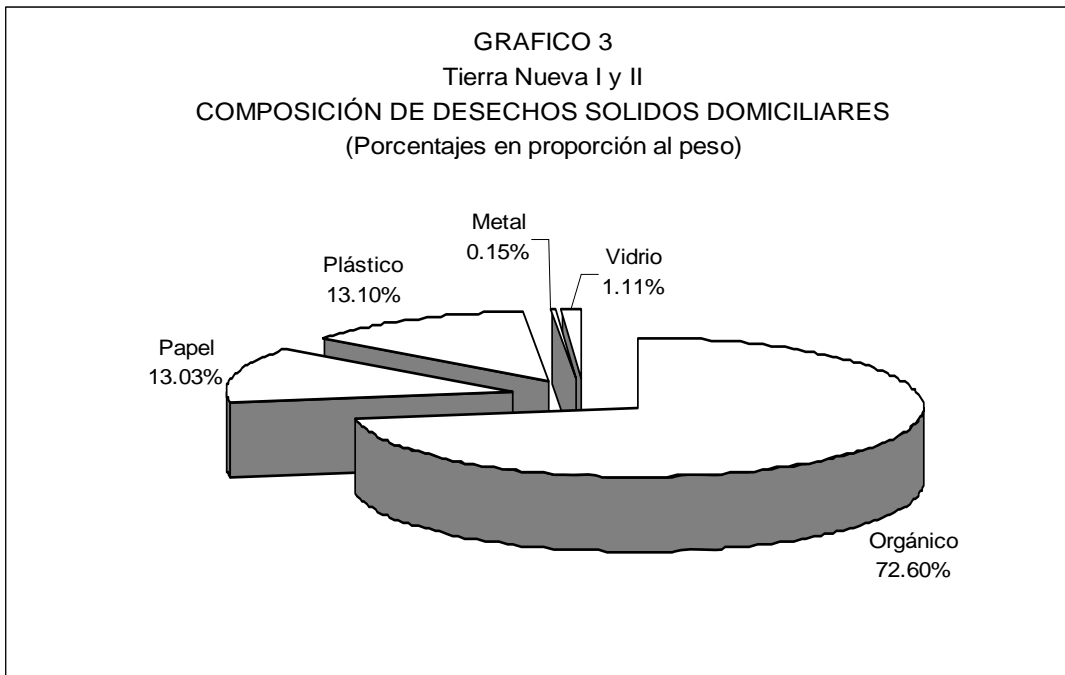
Para el estudio es importante la determinación principalmente del peso y volumen de la producción de desechos, ya que se espera que el servicio de colecta de la basura se lleve a cabo tres veces cada semana en las viviendas de las colonias estudiadas y el consumidor a atender serán las familias y/o hogares conformadas en un promedio de cinco personas por vivienda.

**CUADRO 4**  
Tierra Nueva I y II  
**GENERACION Y COMPOSICION DE DESECHOS SÓLIDOS**  
(Muestra del proyecto: Producción en 3 días por 30 familias)

No. Vivienda	Total		Orgánico		Papel		Plástico		Metal Peso Kg.	Vidrio Peso Kg.
	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a M3	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a m3		
1	0.623	0.019	0.283	0.003	0.312	0.008	0.028	0.008		
2	2.268	0.042	1.106	0.006	1.106	0.027	0.056	0.009		
3	2.522	0.020	2.239	0.012	0.283	0.008				
4	3.118	0.017	2.296	0.012	0.142	0.004	0.68	0.001		
5	2.597	0.020	1.984	0.011	0.415	0.001	0.198	0.008		
6	4.082	0.034	3.6	0.019	0.255	0.007	0.227	0.008		
7	2.864	0.019	1.22	0.007	1.304	0.003	0.34	0.009		
8	2.822	0.015	2.17	0.001	0.17	0.005	0.482	0.009		
9	1.970	0.022	1.843	0.01	0.014	0.004	0.113	0.008		
10	0.822	0.016	0.482	0.004	0.142	0.004	0.198	0.008		
11	2.285	0.027	1.661	0.009	0.397	0.01	0.227	0.008		
12	0.878	0.016	0.68	0.005	0.085	0.003	0.113	0.008		
13	2.324	0.027	1.587	0.009	0.312	0.008	0.283	0.008		0.142
14	2.154	0.025	1.616	0.009	0.283	0.008	0.255	0.008		
15	4.139	0.038	3.232	0.017	0.482	0.012	0.425	0.009		
16	4.250	0.029	3.967	0.021			0.283	0.008		
17	4.535	0.035	3.288	0.017	0.255	0.007	0.992	0.011		
18	1.219	0.024	0.567	0.004	0.255	0.007	0.255	0.008		0.142
19	1.304	0.021	0.709	0.005	0.255	0.007	0.34	0.009		
20	1.218	0.014	0.935	0.006			0.283	0.008		
21	2.891	0.028	2.268	0.012	0.255	0.007	0.368	0.009		
22	0.794	0.016	0.482	0.004	0.142	0.004	0.17	0.008		
23	2.494	0.021	2.296	0.013			0.198	0.008		
24	2.947	0.044	1.417	0.008	1.162	0.028	0.368	0.008		
25	4.167	0.028	3.657	0.019			0.51	0.009		
26	2.437	0.028	1.021	0.006	0.283	0.008	0.482	0.009	0.113	0.538
27	3.09	0.028	2.467	0.013	0.255	0.007	0.368	0.008		
28	3.969	0.033	3.26	0.017	0.255	0.007	0.454	0.009		
29	1.843	0.032	0.482	0.004	0.709	0.018	0.652	0.01		
30	1.134	0.016	0.737	0.005	0.085	0.003	0.312	0.008		
TOTAL	73.76	0.754	53.55	0.288	9.61	0.215	9.66	0.239	0.11	0.82
%peso	100%		72.60%		13.03%		13.10%		0.15%	1.11%

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la composición de los desechos sólidos domiciliarios (dsd) analizados en el muestreo, estos se integraron en peso según datos obtenidos del cuadro 4, con el 72.60 % de desecho orgánico, 13.03 % de papel, 13.10 % de plásticos, 0.15 % de metales y 1.11 % de vidrio como se muestran en el siguiente gráfico.



Fuente: Cuadro 4

Los resultados estadísticos de peso en kilogramos por vivienda con 3 días de generación de desechos de la muestra de 30 viviendas son los siguientes:

Media aritmética:.....	2.45867	
Mediana: .....	.....	2.46550
Desviación estándar:.....	1.14524	
Varianza de la muestra:.....	1.31157	
Suma:.....	73.7600	

El análisis estadístico de las medidas de tendencia central de la muestra determina una media aritmética de peso de 2.46 Kg. por vivienda en 3 días de generación de desechos; es decir una generación actual diaria por familia común (de cinco miembros) de:

$$\text{Generación por vivienda (año 2002) (dsd)} = 2.46 \text{ kg/vivienda} / 3 \text{ días}$$

$$= 0.82 \text{ kg/vivienda/día}$$

Mediante los datos determinados en el muestreo realizado, el peso de la generación de los desechos sólidos domiciliarios diaria y anual en la actualidad es de:

$$\begin{aligned}
 & \text{Generación diaria (año 2002)(dsd)} & = & 0.82 \text{ kg/vivienda/día} \\
 \times 3,101 \text{ familia} & & & \\
 & & & = 2,542.82 \\
 \text{kg/día} & & & \\
 & \text{Generación anual (año 2002) (dsd)} & = & 2,542.82 \text{ kg/día} \times 365 \\
 \text{días/año} & & & \\
 & & & = 928,129.30 \\
 \text{kg/año} & & &
 \end{aligned}$$

La densidad de los desechos en los recipientes domiciliarios o densidad aparente se puede obtener de los datos totales de peso dividido por el volumen del número total de muestras (cuadro 4):

$$\begin{aligned}
 \text{Densidad en los recipientes domiciliarios} & = 73.76 \text{ kg}/0.754 \text{ m}^3 \\
 & = 97.82 \text{ kg}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

La generación anual por vivienda se establece de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \text{Generación anual/vivienda(dsd)} & = & \\
 0.82\text{kg/vivienda/día} \times 365 \text{días/año} & & & \\
 & & & = 299.30 \\
 \text{kg/vivienda/año} & & &
 \end{aligned}$$

Los resultados anteriores muestran que la generación de desechos por familia es baja en cantidad y con alto contenido orgánico. Estos datos coadyuvan a tomar decisiones sobre opciones de manejo.

### 2.3.1.3 Demanda actual

El proyecto espera beneficiar directamente con el componente de Recolección y transporte al 80.49% de la población y en la disposición final en el Relleno sanitario el 100% de la población; en consecuencia, se concluye que la demanda actual (año 2002) para el proyecto tiene los siguientes datos:

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda actual (año 2002) (Recolección y transporte):} & 928,129.30 \text{ kg} \times 80.49 \% \\
 & = 747,051.27 \text{ kg/año (2,496 familias)} \\
 \text{beneficiarias: } & 80.49\% \text{ de } 3,101 \text{ familias) }
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda actual(año 2002)(Relleno sanitario):} & \\
 & = 928,129.30 \text{ kg/año (3,101 familias)} \\
 \text{beneficiarias: } & 100 \% \text{ de las familias) }
 \end{aligned}$$

### 2.3.2. Demanda futura

La demanda futura a atender con el proyecto se estima con un crecimiento anual del 2.21 % de acuerdo con el crecimiento de la población; en consecuencia, se proyecta atender para el último año del horizonte del proyecto (año 2012) la siguiente demanda:

Demanda futura (año 2012)(Recolección y transporte):

$$= 747,051.27 \text{ kg/año} \times (1+2.21\%)^{10}$$

$$= 929,575 \text{ kg/año} (2,496 \times (1+2.21\%)^{10})$$

$$= 3,106 \text{ familias beneficiarias: } 80.49\% \text{ de la población total}$$

Demanda futura (año 2012) (Relleno sanitario):

$$= 928,129.30 \text{ kg/año} \times (1+2.21\%)^{10}$$

$$= 1.154,895 \text{ kg/año} (3,101 \times (1+2.21\%)^{10})$$

$$= 3,859 \text{ familias beneficiarias: } 100 \% \text{ de la población total}$$

Los resultados del análisis de la demanda actual y futura, determinados con base en los resultados del análisis de muestras indican que la producción de basura en las colonias Tierra Nueva I y II no justifica una planta de reciclado. El alto porcentaje de desecho orgánico favorecería la implementación de una planta de compostaje, pero la cantidad generada no la hace viable, debido a que se necesita una producción mínima de 40 toneladas por día para ser viable un proyecto de reciclado y compostaje (Szantó, 1996).

## 2.4 Análisis de la oferta

### 2.4.1. Oferta actual

Actualmente existen en el sector dos entidades que atienden el servicio de colecta de los desechos sólidos domiciliarios:

La municipalidad de Chinautla atiende un 21.95% de los vecinos que hacen uso de servicios de recolección, mientras un 24.39% es atendido por una empresa privada; la cobertura de vecinos atendidos por los servicios de recolección alcanza a un 46.34% de la población.

Más de la mitad de hogares no son atendidos, el 53.66% no hacen uso de algún servicio de recolección de basuras, y disponen sus desechos depositándolos en los terrenos barrancosos colindantes con las áreas habitadas, en los cuales algunas veces los queman.

### 2.4.2 Oferta futura

Asumiendo que el proyecto fuera ejecutado por la municipalidad de Chinautla, la oferta futura total del proyecto sería el resultado de sumar la cobertura actual de la municipalidad, más la demanda no atendida en el sector, es decir un 75.59% de los usuarios (21.95% Cobertura Municipal actual +

53.66% Usuarios no Atendidos); sin embargo, tomando en cuenta que el 80.49 % de las familias están dispuestas a pagar una cuota de Q10.00 por mes por familia, se ha considerado fijar este porcentaje como la oferta del proyecto considerando que absorbería la demanda actual atendida que paga una tarifa promedio de Q15.00 por mes por familia. En consecuencia, se establece la oferta del proyecto del tamaño de la demanda del mismo.

## 2.5 Análisis de precios

### 2.5.1 Tarifas actuales:

Actualmente los dos recolectores que prestan el servicio en el sector trabajan de forma independiente. El servicio privado cobra una tarifa negociable con el usuario, de acuerdo con su volumen de producción de desechos, el promedio es Q15.00 mensuales.

El servicio municipal cobra una tarifa única y constante de Q15.00 de forma directa, que no es variable en relación con la producción de desechos sólidos domiciliarios.

### 2.5.2 Proyección de tarifas:

Las opciones de cobro que se podrían implementar, una vez se iniciara la operación del proyecto, son:

- i. Cobro directo: a través de talonarios, cobrando en cada vivienda mensualmente; y
- ii. Tarifa indirecta: agregando el costo de manejo de desechos sólidos al consumo de agua potable. Aunque la segunda opción es más segura y eficiente en su cobro, presenta dos dificultades: que no todos los usuarios potenciales cuentan con servicio de agua potable, por otro lado el servicio de recolección y transporte no se ha proyectado para el 100 % de la población.

Para que el proyecto tenga el impacto deseado en el largo plazo, es necesario que atienda a la mayor cantidad de familias posible (80.4% en el año uno y el 100% en el año 10); situación que por un lado garantiza el manejo controlado de los desechos domiciliarios producidos y financieramente permite alcanzar la maximización de los ingresos, siempre y cuando la tarifa de cobro no exceda la capacidad de pago de los usuarios.

La disposición de pago de los habitantes del sector para la recolección de los desechos, de acuerdo con la encuesta del proyecto –mostrada en el cuadro 5- fija un promedio de disposición de pago de Q14.66, con este precio aproximado a Q15.00 se obtiene la maximización de ingresos pero solo se atiende al 56.10% de las viviendas, si se fija un precio de Q10.00 se atendería a un porcentaje considerable 80.49% de las viviendas y los ingresos se registrarán cerca de la maximización. En la evaluación financiera del proyecto se tomó como tarifa un precio de Q10.00 por considerarlo el más adecuado en función del número de familias a cubrir.

La recolección y transporte de desechos sólidos tiene un comportamiento lógico en el sentido que la demanda tiende a bajar ante el incremento del precio del servicio. En el cuadro 5 y en el gráfico 3 se muestra el comportamiento de la demanda con relación al precio

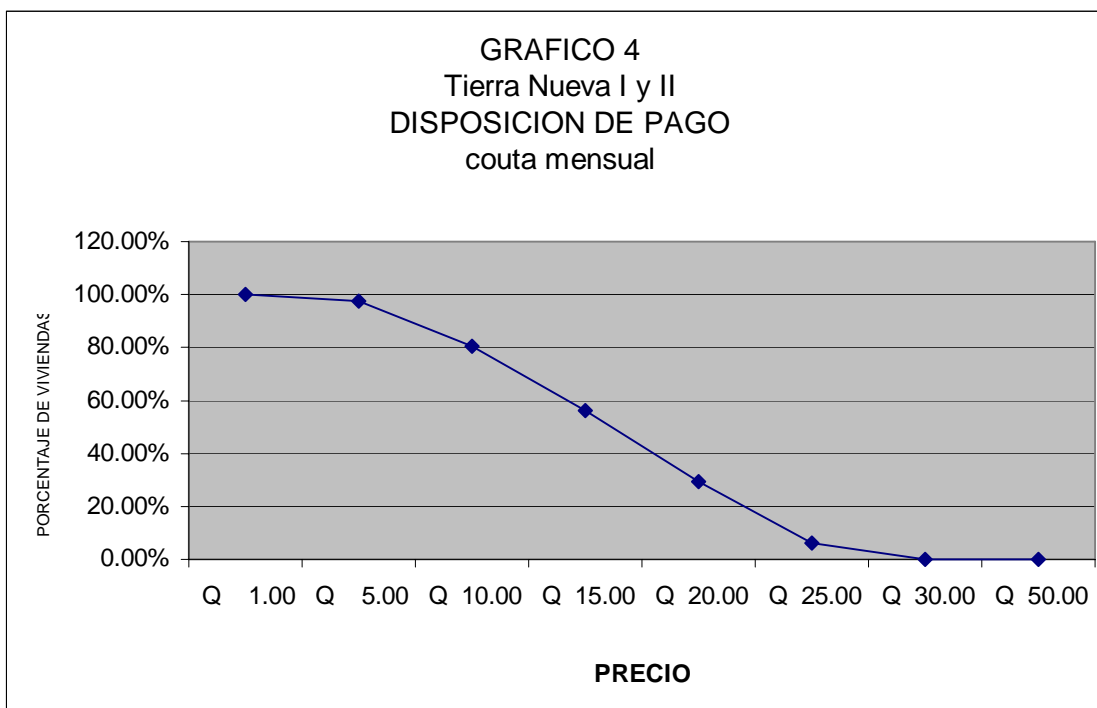
## CUADRO 5



Tierra Nueva I y II  
DEMANDA EN FUNCION DE LA CUOTA DE PAGO

CUOTA DE PAGO MENSUAL POR VIVIENDA	NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS (AÑO 2002)	% DE VIVIENDAS	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL
Q1.00	3101	100.00%	Q3,101.00	Q37,212.00
Q5.00	3025	97.56%	Q15,126.68	Q181,520.14
Q10.00	2496	80.49%	Q24,959.95	Q299,519.39
Q15.00	1740	56.10%	Q26,094.92	Q313,138.98
Q20.00	908	29.27%	Q18,153.25	Q217,839.05
Q25.00	189	6.10%	Q4,729.03	Q56,748.30
Q30.00	0	0%	Q0.00	Q0.00
Q50.00	0	0%	Q0.00	Q0.00

Fuente: Cálculos propios basados en información de la encuesta del proyecto.



Fuente: Cuadro 5

## 2.6 Análisis de comercialización

### 2.6.1 Comercialización actual

Actualmente las dos entidades que prestan el servicio de recolección de basura lo llevan a cabo de la siguiente forma:

#### 2.6.1.1 Servicio privado

Cuenta con un camión recolector que recorre únicamente las vías principales de los sectores que atiende: La Isla, La Franja y El Encinal.

El servicio consiste en recoger dos veces por semana la basura domiciliar que los vecinos generan; los desechos deben de ser entregados en la avenida principal del sector, dado que el camión recolector no recorre vías secundarias. Cabe destacar que el destino de los desechos recolectados es el Relleno Sanitario de la zona 3 de la Ciudad Capital, en el cual el tratamiento es insuficiente y los desechos no recolectados, cada familia los arroja a las áreas no habitadas.

#### 2.6.1.2 Servicio municipal

El servicio municipal atiende al resto de sectores, con una cobertura del 21.95% de la demanda total.

El servicio municipal también recorre únicamente la avenida principal de las dos comunidades, sin atender a los asentamientos que se localizan cercanos a los barrancos.

#### 2.6.2 Comercialización futura

Al materializarse el proyecto, estaría bajo la administración municipal, se presume la necesidad de atender a la demanda insatisfecha y la cobertura que ya tiene; por lo cual, en el Estudio Técnico se presentan los aspectos que deben tomarse en cuenta para la recolección y transporte y la capacidad del relleno sanitario como componente complementario y básico para el manejo de los desechos.

### CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO

En el estudio de mercado se determinó que existe demanda para el proyecto ya que más del 50% de la población carece del servicio de recolección y transporte de desechos sólidos, la demanda actualmente atendida cubre únicamente el 46.34% de la población. La maximización de ingresos se obtiene al atender una demanda que representa el 56.10% de la demanda total que se da cuando se fija un precio de Q15.00 mensuales; sin embargo, se fijó para el proyecto una cuota mensual de Q10.00 por considerarla cercana a la maximización de ingresos y que atiende una demanda significativa del 80.49% de la demanda total. También se determinó la cantidad generada de desechos sólidos (2.5 toneladas diarias), y que la composición de los desechos en su mayor porcentaje esta integrada por desechos orgánicos (76.60%).

### III. ESTUDIO TÉCNICO

El presente estudio proporciona el tamaño óptimo y la localización que permitan hacer factible el manejo y disposición final de los desechos sólidos domiciliarios generados.

#### 3.1 Tamaño del proyecto

En el análisis de alternativas se determinó realizar el estudio de un Relleno Sanitario, ya que la poca generación y la composición de los desechos producidos por las colonias no permiten por una parte el establecimiento de una planta de Compost, la cual requiere una producción diaria de al menos 40 toneladas para tener algún resultado apreciable en el aspecto económico productivo. Tampoco resulta conveniente establecer una planta de reciclaje por la escasa generación de desechos y por su composición baja en desechos aprovechables no orgánicos.

Para determinar el tamaño del proyecto en su componente de relleno sanitario, se tomó como factor determinante el volumen de producción total de desechos producidos por la comunidad durante los 10 años fijados para el horizonte del proyecto. Este volumen se refiere al recolectado y transportado por el proyecto y por la empresa privada y por factor de seguridad se incluye el volumen de los desechos generados por la demanda no atendida.

Se ha determinado que el peso de desechos generados durante el horizonte del proyecto es de aproximadamente 10,488 toneladas métricas (10.487,640 Kg. ver peso acumulado al año 2012 en Cuadro 6), cantidad que corresponde a un volumen de 17,479.40 metros cúbicos estabilizados en celdas de relleno sanitario. Este volumen se multiplicó por un factor de 1.25 estimando un 25% de material de cobertura respecto al volumen de los desechos, resultando un volumen de 21,849.25 mts<sup>3</sup>. Este último dato representa el tamaño o volumen del relleno sanitario. El volumen se determinó tomando en cuenta una densidad de basura estabilizada en los rellenos (2 años después de finalizado el relleno) de 600 kg/mts<sup>3</sup> (dato recomendado por Jorge Jaramillo en Guía para diseño de rellenos sanitarios manuales). La consideración de tomar en cuenta 2 años después de finalizado el relleno se debe a que durante ese lapso siguen existiendo asentamientos. Los resultados de estos cálculos se muestran en el cuadro 6.

CUADRO 6  
Tierra Nueva I y II  
GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DURANTE EL HORIZONTE DEL  
PROYECTO

AÑO	No. DE HABITANTES	No. DE VIVIENDAS	PESO DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES (Kg.)	PESO ACUMULADO DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES (Kg.)	VOLUMEN ACUMULADO ESTABILIZADO EN CELDAS (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ACUMULADO DEL RELLENO SANITARIO (m <sup>3</sup> )
2003	15,848	3,170	948,641	948,641	1581.07	1,976.34
2004	16,198	3,240	969,606	1,918,247	3197.08	3,996.35
2005	16,556	3,311	991,034	2,909,281	4848.80	6,061.00
2006	16,922	3,384	1,012,936	3,922,217	6537.03	8,171.29
2007	17,296	3,459	1,035,322	4,957,539	8262.57	10,328.21
2008	17,678	3,536	1,058,203	6,015,742	10026.24	12,532.80
2009	18,069	3,614	1,081,589	7,097,331	11828.88	14,786.11
2010	18,468	3,694	1,105,492	8,202,823	13671.37	17,089.21
2011	18,876	3,775	1,129,923	9,332,746	15554.58	19,443.22
2012	19,293	3,859	1,154,895	10,487,640	17479.40	21,849.25

*DATOS UTILIZADOS:*

*Población inicial: 15,505 habitantes (año 2002)*

*Tasa de crecimiento poblacional: 2.21 %*

*Número de miembros por familia: 5*

*Generación de desechos sólidos por familia al año: 299.30 Kg. (ver numeral 2.3.1.2: Análisis de muestras).*

*Densidad de la basura estabilizada en celdas del relleno sanitario: 600 Kg./m<sup>3</sup>*

*Volumen del relleno sanitario: volumen de los desechos estabilizados por un factor de 1.25 asumiendo un 25% de material de cobertura.*

Con la recolección y transporte se pretende atender al 80.49% de la población; en la actualidad (año 2002) la demanda para el proyecto es de 2,496 viviendas y para el último año de operación (año 2012) se proyecta atender a 3,106 viviendas. Si se consideran 156 jornadas de recolección por año (aproximadamente 3 jornadas por semana), se tiene la siguiente cantidad de desechos cada vez que se recolecta:

Peso actual (año 2002) =  $299.3 \text{ kg/viv/año} \times 2,496 \text{ viv}/156 \text{ jornadas/año} / 1000 \text{ kg/ton}$   
= 4.79 toneladas / jornada de recolección

Peso futuro (año 2012) =  $299.3 \text{ kg/viv/año} \times 3,106 \text{ viv} / 156 \text{ jornadas/año} / 1000 \text{ kg/ton.}$   
= 5.96 toneladas / jornada de recolección

Estos resultados son de utilidad para determinar el volumen de desechos generados en cada jornada de recolección y la capacidad del camión recolector.

### 3.2 Localización

La alternativa de localización de determinó ponderando varias áreas en función de su distancia a la comunidad, la dirección de los vientos, las vías de acceso, topografía y su tamaño.

Dentro del área localizada, para confirmar su utilización, se determinó la ubicación del relleno sanitario considerando los siguientes aspectos:

### 3.2.1 Estabilización del suelo

Para determinar la estabilización del suelo evitando pruebas de laboratorio se efectuó un ensayo manual verificando un ángulo aproximado de reposo del suelo de 45 grados.

### 3.2.2 Nivel freático

Tomando en consideración que existe el riesgo potencial de contaminación del agua subterránea, con ayuda de vecinos de la comunidad se excavó un pozo de 4 metros de profundidad en la parte de más bajo nivel del polígono considerado y no se alcanzó el nivel freático.

3.2.3 Otros aspectos considerados son la precipitación pluvial que sirvió de información para el cálculo de la sección de drenaje pluvial, y de lixiviado. Como se verá mas adelante en el diseño del canal trapezoidal.

## 3.3 Manejo de desechos sólidos

Con la ejecución del proyecto se espera llevar a cabo un manejo adecuado de los desechos sólidos domiciliarios generados por las comunidades Tierra Nueva I y II, en condiciones sanitarias adecuadas, procurando que sea auto sostenible en la prestación del servicio.

Para el manejo de los desechos se pretende cumplir con las siguientes etapas:

### 3.3.1 Manejo de desechos sólidos en el lugar de producción

i. Selección del recipiente: Para el manejo de desechos en el domicilio se debe seleccionar un recipiente de tamaño adecuado y previstos de asas para que puedan ser manejados con facilidad, con capacidad máxima de 1000 litros, de forma troncocónica para que puedan ser vaciados con facilidad, con tapadera bien ajustada para evitar la entrada de artrópodos y roedores, resistentes y a prueba de agua, pueden ser plásticos o metálicos. Se deben colocar sobre una base de estructura de metal o madera que separe al recipiente del suelo al menos 30 cm. O bien usar postes con ganchos para colgar los recipientes. Al estar elevados sobre el suelo se reduce la corrosión, se facilita la limpieza, se impide que los roedores se abriguen bajo ellos y se disminuye las posibilidades de vuelco.

ii. Adecuada manipulación de los residuos putrescibles: Es conveniente que los residuos orgánicos de la cocina sean envueltos en papel antes de depositarlos en los recipientes. Con esta medida se reducen los olores desagradables, se disminuye el acceso de las moscas, se reduce la corrosión de los recipientes metálicos y se facilita vaciar los recipientes. Es conveniente poner una bolsa plástica dentro del recipiente que cubra los bordes del mismo, dentro de la bolsa se van depositando los residuos. El recipiente debe tener colocada la tapadera la cual se levanta únicamente

para depositar la basura dentro de la bolsa. Cuando la bolsa esta llena se cierra y se prepara para su recolección.

### 3.3.2 Manejo de desechos en la recolección y transporte

Para la recolección y el transporte se utilizará el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala, que consiste en un circuito de recorrido que abarca el recorrido del parqueo a la primera parada, los recorridos entre paradas, recorrido al área de disposición final y el retorno al parqueo al final de la jornada (ver diseño recolección y transporte: sección 3.4.1)

### 3.3.3. Manejo de desechos sólidos en la disposición final (Relleno Sanitario)

La disposición final se da en el relleno sanitario que consiste básicamente en la disposición de celdas de desechos las cuales tendrán una cobertura de suelo al final de cada jornada de recolección. En el plano 4/6 del anexo 2 se indica los detalles de la formación de una celda. Otras actividades en el relleno sanitario son la recepción de la basura, pudiendo rechazar materiales y desechos que alteren la formación de celdas como desechos voluminosos o demasiado densos o que puedan constituirse en material de reciclaje fácilmente clasificable. Otra actividad importante es el mantenimiento del drenaje del líquido lixiviado y de los gases producidos por las basuras y el drenaje pluvial (ver diseño, relleno Sanitario: numeral 3.4.2). En el plano 5/6 del anexo 2 puede verse en detalle estos aspectos que sirven para la formación y manejo del relleno sanitario.

## 3.4. Diseño

### 3.4.1. Recolección y transporte

Al efectuar cálculos para el diseño de la capacidad en la recolección y transporte, se determinó que se utilizará un camión con capacidad para 15 m<sup>3</sup>, estableciéndose un viaje por jornada, 3 jornadas por semana. Los cálculos en detalle se encuentran a continuación:

#### i. Abreviaturas:

- Q: peso promedio de la basura por parada [Kg.]
- t: tiempo medio por parada incluido el tiempo empleado de ir de una parada a otra [minutos]
- B: tiempo medio de transporte entre la última parada y el sitio de disposición final [minutos]
- D: tiempo de descarga del camión en el sitio de disposición final [minutos]
- K: tiempos improductivos [minutos]
  - Del garaje a la primera parada al inicio de la jornada
  - Del sitio de disposición final de desechos al garaje al final de la jornada de recolección
  - Pérdidas de tiempo accidentales
  - Tiempo usado para mantenimiento del equipo de recolección
- V: volumen de capacidad del camión [m<sup>3</sup>]
- d: densidad de la basura en el camión (en función de la compactación en el camión) [kg/m<sup>3</sup>]
- X: duración de la jornada de trabajo [minutos]
- n: número de viajes en una jornada de trabajo
- a: fracción del volumen del camión utilizado para una carga parcial (último viaje de la jornada)

ii. Datos\*/:

Q = 100 Kg./parada  
t = 4 minutos  
B = 25 minutos  
K = 70 minutos  
d = 320 Kg./m<sup>3</sup> (compactado dentro del camión)  
V = 18 m<sup>3</sup>  
D = 13 minutos  
a = 0.60 (60% de carga parcial para último viaje)

iii. Formula:

$$\begin{aligned} \text{Jornada de Trabajo} &= \text{tiempo de recolección} + \text{tiempo de transporte} \\ &+ \text{tiempo improductivo} + \text{tiempo de descarga} \\ X &= \frac{[n-1+a]Vdt/Q + (2n-1)B + K + nD}{Vdt/Q} \\ &= \text{tiempo de llenado de un camión completo} \\ \text{[minutos]} & \end{aligned}$$

iv. Cálculos

$$\begin{aligned} \text{Peso total anual actual} &= 299.30 \text{ kg/vivienda} \times 3,101 \text{ viviendas} \times 80.49\% \\ &= 747,051.27 \text{ kg/año (80.49\% de las viviendas)} \\ \text{Peso por semana} &= 747,051.27 \text{ kg/año} / 52 \text{ semanas/año} \\ &= 14,366.37 \text{ kg/semana} \\ \text{Peso por jornada} &= 14,366.37 \text{ kg/semana} / 3 \text{ jornadas/semana} \\ &= 4,788.79 \text{ kg/jornada} \\ &= 4.79 \text{ toneladas/jornada} \\ \text{Volumen por jornada} &= 4,788.79 \text{ kg/jornada} / 320 \text{ kg/m}^3 \\ &= 14.9650 \text{ m}^3/\text{jornada} \\ X &= 8 \text{ horas} \\ &= 480 \text{ minutos} \\ &\text{Aplicando la fórmula:} \end{aligned}$$

$$X = \frac{[n-1+a]Vdt/Q + (2n-1)B + K + nD}{Vdt/Q}$$

---

\* /Parámetros adoptados por la Municipalidad de Guatemala

Sustituyendo valores: 480

$$= [n-1+0.6]18*320*4/100 + (2*n -1)25 + 70 + n*13$$

Despejando n:

$$n = 1.96408; \text{ aproximado a 2 viajes}$$

No de viajes/jornada = volumen por jornada/volumen del camión

$$= 14.9650 \text{ m}^3/18 \text{ m}^3$$

$$= 0.8314 \text{ viajes; aproximado a: 1 viaje}$$

v. Resultados:

- El tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes; el primero con el camión lleno y el segundo con el 60 % de su capacidad.
- Por el volumen de acarreo actualmente se realizaría un viaje por jornada
- La frecuencia de recolección de desechos sólidos será de 3 jornadas por semana
- Se utilizará camión con capacidad de 18 m<sup>3</sup>

Con los resultados de los cálculos, se concluyó que no es conveniente destinar un camión exclusivamente para el proyecto porque estaría subutilizado, por lo que la Municipalidad de Chinautla podrá – dentro de otras opciones – subcontratar el servicio, concesionarlo o bien destinar un camión municipal para el proyecto sólo los días de recolección y los restantes días de la semana para otros proyectos municipales.

### 3.4.2. Relleno sanitario

#### 3.4.2.1. Conformación de celdas

Para la conformación del relleno sanitario se tomó en cuenta el plano topográfico de curvas de nivel, las características y detalles de la formación de celdas, drenaje pluvial, drenaje de líquido percolado (lixiviado), drenaje de gases y todas las obras inherentes al relleno sanitario se pueden apreciar en detalle en el plano 5/6 del anexo 2.

#### 3.4.2.2. Drenaje pluvial

La función del drenaje pluvial es la de interceptar y desviar el escurrimiento de las aguas de lluvia. En su diseño se consideró una sección de forma trapezoidal y sus dimensiones se calcularon utilizando la formula racional para caudal de escorrentía y la ecuación de Talbot aplicada a la Meseta Central de Guatemala. Los resultados reflejan el área mínima de sección de canal de 0.23 m<sup>2</sup>, que sirvió de parámetro para establecer las dimensiones de la sección trapezoidal en 30 cm. de base en el fondo,



50 cm. de altura y 1 m de ancho superior, (ver plano 5/6 del anexo 2). Los cálculos para determinar el área y diseñar la sección trapezoidal del drenaje pluvial del relleno sanitario se encuentran a continuación:

i. Abreviaturas

- a: área mínima de sección de canal trapezoidal ( $a = Q/V$ )
- Q: caudal de escorrentía ( $Q = CIA/360$ : fórmula racional)
- $I = 4204/(t+23)$ : [mm/hora] (ecuación de Talbot para la Meseta Central de Guatemala)
- t: tiempo de escorrentía [minutos]
- C: coeficiente de escorrentía según la permeabilidad o infiltración del suelo
- A: Área tributaria del proyecto [hectáreas]
- V: velocidad máxima promedio del caudal de drenaje

ii. Datos, cálculos y resultados

- C = 0.30 factor para terrenos no pavimentados
- t = 17 minutos (Según manual de especificaciones la Dirección General de Obras Públicas. Año 1976)
- $I = 4204/(t+23) = 4204/(17+23) = 105.10$  mm/hora
- A = 1.30 hectáreas
- $Q = CIA/360 = 0.30 \times 105.10 \text{ mm/hr} \times 1.30 \text{ ha} / 360 = 0.114 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- $a = Q/V = 0.114 \text{ m}^3/\text{seg.} / 0.5 \text{ m/seg.} = 0.23 \text{ m}^2.$

Se usará sección trapezoidal de 0.30 m de base en el fondo, 1.00 m de base superior y 0.50 m de altura. Con estas dimensiones se supera el área de sección transversal "a" calculada.

3.4.2.3. Drenaje de líquido percolado (lixiviado)

Para el diseño de drenajes de líquido percolado se tomó como base el caudal de infiltración (ver plano 5/6 del anexo 2). El cálculo de caudal de infiltración para el drenaje de líquido percolado del relleno sanitario se presenta a continuación:

- 0.30: constante que representa el factor de infiltración
- P: precipitación media:
  - P = 1390.4 mm/año
  - A: área del proyecto:
    - A = 1.30 hectáreas
  - Q: caudal de infiltración:
    - $Q = 0.30 P A$
    - $= 0.30 \times 1390.4 \text{ mm/año} \times 1.30$
    - hectáreas
    - $= 9.70 \text{ m}^3/\text{día}$

La captación y conducción del líquido percolado se hará mediante la construcción de una zanja principal paralela al perfil del terreno y zanjas secundarias perpendiculares a ésta, construidas a cada 10 a 15 m, las zanjas tendrán 30 cms de ancho por 0.90 m de profundidad a partir del nivel que se deje

en la preparación del terreno para las celdas del relleno sanitario, la pendiente mínima de las zanjas será del 5%, en las zanjas se construirán pantallas con suelo natural a cada 5 a 10 mts, las pantallas tendrán una sección de 30 cm de ancho por 60 cm. de altura dejando un borde libre de 30 cm. Las zanjas se llenarán con piedra de diámetro 10.16 cms (tamiz de 4") , un diámetro menor puede provocar que se llenen rápido y no cumplan con su función. Sobre las zanjas rellenas de piedras se debe colocar ramas secas o pastos u otro material que permita infiltrar líquidos y obstruya el paso de partículas finas.

#### 3.4.2.4. Drenaje de gases

Está constituido por un sistema de ventilación en piedra, que funcionará a manera de chimeneas que atraviesan verticalmente todas las celdas del relleno desde el fondo hasta la superficie. Su construcción se da durante el proceso de operación del relleno; se construirán a cada 10 a 15 mts en toda la superficie del área a relleno, tendrán un diámetro de 30 cm. y estarán conectadas a los drenajes de lixiviados.

#### 3.4.2.5. Obra civil

Se construirán dos ambientes separados de 18 m<sup>2</sup> para garita de control de ingreso y de 30 m<sup>2</sup> para bodega y administración. Las construcciones se harán con el sistema tradicional de levantado de block de pómez, piso de cemento líquido y techo de lámina de zinc, (ver plano 6/6 del anexo 2).

### 3.5 Calendarización de actividades

A partir del estudio de la presentación del estudio de preinversión y previo a la operación normal se han contemplado las siguientes actividades (diagrama 3):

- i. Fase de preinversión: Revisión del estudio de factibilidad; 2 meses.
- ii. Negociación del proyecto: financiamiento, obtención de autorizaciones legales, contratación de firmas ejecutoras. Este proceso se estima llevarlo a cabo en un mes.
- iii. Ejecución del proyecto: construcción de obras físicas, adquisición de materiales y equipos, montaje de maquinaria y equipo, contratación y capacitación del personal, organización e instalación de la empresa ejecutora. Se estima un periodo de ejecución de 4 meses.
- iv. Operación experimental y puesta en marcha: en periodo de tiempo para llegar a la operación normal prevista se estima en un mes.

DIAGRAMA 3  
Tierra Nueva I y II  
CALENDARIZACION DE ACTIVIDADES

No.	ACTIVIDAD	DURACION (MESES)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Fase de preinversión	■	■						
2	Negociación del proyecto			■					
3	Ejecución del proyecto				■	■	■	■	
4	Operación experimental y puesta en marcha								■

### 3.6 Análisis de costos

Para establecer los costos de inversión y operación de recolección y transporte y para cada obra inherente al relleno sanitario y su operación, se elaboró presupuesto por renglón (ver cuadros 7, 8 y 9). En dichos cuadros se utilizan las abreviaturas siguientes para denotar las dimensionales de cada rubro y cantidad de trabajo: ml: metro lineal; m<sup>2</sup>: metro cuadrado; m<sup>3</sup>: metro cúbico; pt: pie-tabla.

La inversión fija en el relleno sanitario se determinó cuantificando los renglones de trabajo en función del tamaño del relleno sanitario y de la obra civil inherente al mismo; los cálculos se efectuaron con base en la cuantificación de precios unitarios y totales de los renglones de trabajo a ejecutar (ver cuadro 7).

CUADRO 7  
Tierra Nueva I y II  
INVERSION FIJA (Relleno Sanitario)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB TOTAL (Q)
1. terreno				25,000.00
2. Trabajos preliminares (limpia, chapeo y destronque del predio a rellenar)	8500	m <sup>2</sup>	0.40	3,400.00
3. camino acceso interno(188x4 m)				
Corte	564	m <sup>3</sup>	30.00	16,920.00
conformación cunetas	376	ml	9.00	3,384.00
compactación suelo natural	752	m <sup>2</sup>	8.00	6,016.00
balastado compactado	752	m <sup>2</sup>	22.00	16,544.00
4. Trabajos en el perímetro del predio				
Arborización	200	u	30.00	6,000.00
Contra cuneta	400	ml	10.00	4,000.00
Posteado de madera y alambre espigado	400	ml	12.00	4,800.00
Drenaje pluvial perimetral	400	ml	30.00	12,000.00
5. Preparación del terreno para celdas	3600	m <sup>2</sup>	1.50	5,400.00
6. Obra civil				
Caseta de entrada	18	m <sup>2</sup>	800.00	14,400.00
Bodega y área de administración	30	m <sup>2</sup>	800.00	24,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 141,864.00</b>	

*m<sup>2</sup> = metros cuadrados*

*m<sup>3</sup> = metros cúbicos*

*u = unidades*

*ml = metros lineales*

*Fuente: Cálculos propios*

Los costos de administración, operación y mantenimiento del relleno sanitario se calcularon en función de la conformación de celdas y los drenajes de líquido percolado y gases. Los costos totales se calcularon con base en la cuantificación de los precios unitarios de herramienta, equipo y renglones de trabajo que se ejecutaran cada año durante el horizonte del proyecto (ver cuadro 8).

CUADRO 8  
Tierra Nueva I y II  
COSTOS DE ADMINISTRACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Relleno Sanitario)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB TOTAL (Q)
1. Drenaje de gases				
Piedra bola	3	m <sup>3</sup>	85.00	255.00
Tubería de concreto de 4"	30	unidad	20.00	600.00
Cedazo de arnero	36	m <sup>2</sup>	20.00	720.00
Madera (4" x 2")	36	pt	3.70	133.20
2. Drenaje de liquido percolado				
Excavación	39	ml	30.00	1,170.00
Piedra bola	13	m <sup>3</sup>	75.00	975.00
3. Mano de obra				
Celador	320	hora	9.35	2,992.00
Ayudante	240	hora	7.50	1,800.00
Supervisor	80	hora	12.50	1,000.00
4. Herramienta				
Pala	3	unidad	30.00	90.00
Piocha	3	unidad	48.00	144.00
Orquilla	3	unidad	46.00	138.00
Rastrillo	3	unidad	52.00	156.00
Azadón	3	unidad	5.00	105.00
Carretilla de mano	3	unidad	150.00	450.00
Aplonador manual	3	unidad	100.00	300.00
rodillo compactador manual	1	unidad	1,500.00	1,500.00
5. Equipo de protección personal				
Guantes	37	par	80.00	2,960.00
Botas	6	par	120.00	720.00
Traje protector individual	9	unidad	140.00	1260.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q17,468.20</b>	

*Fuente: Cálculos propios*

Para determinar los costos de administración operación y mantenimiento en recolección y transporte se efectuaron cálculos con base en los manuales utilizados por la municipalidad de Guatemala (ver cuadro 9).

CUADRO 9  
Tierra Nueva I y II  
COSTOS DE OPERACIÓN, ADMINISTRACION Y MANTENIMIENTO (Recolección y Transporte)

ACTIVIDAD	FORMULA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB- TOTAL (Q)
1. Recolección	$(Vdt/Q)n$	191.55	minutos	2.55	488.46
2. Transporte	$(2n-1)B$	25.00	minutos	2.98	74.50
3. Descarga	$Nd$	13.00	minutos	2.13	27.69
4. Improductivos	$K$	70.00	minutos	1.70	119.00
SUMA		299.55	minutos		
(-) jornada de Trabajo		480.00	minutos		
Tiempo sobrante no usado		180.45	minutos	1.28	230.97
Costo de operación camión/día					940.62
Salarios/día/camión					409.28
Costo total camión(Recolección y transporte)		1	Jornada		1,349.90
COSTO ANUAL (recolección y transporte)		156	Jorn/año	1,349.90	210,584.48
Costo unitario = Q 1,349.90/jornada / 4.79 toneladas/jornada = Q 281.89 / tonelada					

DATOS UTILIZADOS Y CALCULOS EFECTUADOS DE BASE PARA DETERMINAR EL COSTO ANUAL EN RECOLECCION Y TRANSPORTE:

$Q = 100 \text{ Kg./parada}$

$t = 4 \text{ minutos}$

$B = 25 \text{ minutos}$

$K = 70 \text{ minutos}$

$d = 320 \text{ Kg. /m}^3 \text{ (compactado dentro del camión)}$

$V = 15 \text{ m}^3$

$D = 13 \text{ minutos}$

$a = 0.60 \text{ (60\% de carga parcial para último viaje)}$

$n = 1 \text{ viaje}$

$X = 480 \text{ minutos}$

Peso actual por jornada recolección: 4.79 toneladas/jornada

Tiempo de recolección:  $(Vdt/Q)n = (15\text{m}^3 \times 320\text{kg/m}^3 \times 4\text{minutos} / 100\text{kg/parada})1\text{viaje} = 192 \text{ minutos}$

Tiempo de transporte:  $(2n-1)B = (2 \times 1\text{viaje} - 1)25\text{minutos} = 25 \text{ minutos}$

Tiempo de descarga:  $nD = 1\text{viaje} \times 13\text{minutos} = 13 \text{ minutos}$

Los datos y cálculos anteriores se basaron en estimaciones efectuadas en el diseño de recolección y transporte (ver numeral 3.4.1). El resultado obtenido de costo anual de recolección y transporte sirve para incluirlo en la estimación del costo de operación del proyecto.

Del cuadro 9 anterior se puede plantear una función de costo anual de recolección y transporte  $C_t$  de la siguiente manera:

$$C_t = \frac{[(vdt/Q)/n(2.55) + (2n-1)B(2.95) + nD(2.13) + K(1.70)]}{+ \{X - (vdt/Q)n - (2n-1)B - nD - K\}1.28 + 409.28]156}$$

Sustituyendo valores constantes:

$$C_t = \frac{[(v320(4)/100)/n(2.55) + (2n-1)25(2.95) + n13(2.13) + 70(1.70)]}{+ \{480 - (v320(4)/100)n - (2n-1)25 - n13 - 70\}1.28 + 409.28]156}$$

Simplificando:

$$Ct = 2535.936vn + 14983.8n + 157650.48$$

Esta ecuación es útil para calcular el flujo de fondos en el ámbito de costos para el horizonte del proyecto, debido a que a lo largo del mismo tanto, el volumen "v" como el número de viajes "n" variará; de esa cuenta, la ecuación se utiliza en el cuadro 10 siguiente para calcular el costo anual de recolección y transporte. En el mismo cuadro se utiliza como base la cifra calculada en el Cuadro 8 de Q 17,468.20 para el año 2002, para proyectar los costos de administración, operación y mantenimiento del relleno sanitario durante el horizonte del proyecto, en proporción al crecimiento de la población (tasa de crecimiento de 2.21% anual). Con lo anterior se tiene los costos anuales durante el horizonte del proyecto.

CUADRO 10  
Tierra Nueva I y II  
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
(Recolección, transporte y relleno sanitario)

Año	Demanda (No. Viviendas)	Peso en kg. por jornada	Volumen en camión por jornada	N	Costo anual por recolección y transporte (Q)	Costo anual por operación del relleno sanitario (Q)	Costo total anual (Q)
2003	2551	4894.62	15.30	1	211,423.18	17,854.25	229,277.43
2004	2608	5002.79	15.63	1	212,280.42	18,248.83	230,529.25
2005	2665	5113.36	15.98	1	213,156.60	18,652.13	231,808.72
2006	2724	5226.36	16.33	1	214,052.14	19,064.34	233,116.48
2007	2784	5341.86	16.69	1	214,967.48	19,485.66	234,453.14
2008	2846	5459.92	17.06	1	215,903.04	19,916.29	235,819.33
2009	2909	5580.58	17.44	1	216,859.28	20,356.44	237,215.72
2010	2973	5703.91	17.82	1	217,836.65	20,806.32	238,642.97
2011	3039	5829.97	18.22	2	280,020.77	21,266.14	301,286.91
2012	3106	5958.81	18.62	2	282,062.87	21,736.12	303,798.99

Fuente: elaboración propia.

El costo total de administración, operación y mantenimiento para el proyecto con sus dos componentes (relleno sanitario y recolección transporte) es de Q228,052.68 (ver cuadro 11). Esta cifra también representa la inversión en capital de trabajo para poder operar durante el primer año del proyecto por lo que se incluye en la inversión total (ver cuadro 13 del estudio financiero) y en consecuencia también se incluye en el cálculo del valor residual para el final del horizonte del proyecto, dado que al final de cada año de operación se proyecta un ahorro equivalente al monto del capital de trabajo, que al final del horizonte del proyecto debe estar disponible como valor residual (ver cuadro 12).

La razón de considerar el capital de trabajo en el valor residual se puede explicar a partir de su comportamiento en proyectos sensibles a cambios estacionales en los cuales pueden producirse aumentos y disminuciones en distintos periodos, considerándose estos últimos como recuperación de la inversión. Para el caso del proyecto de manejo de desechos sólidos, el capital de trabajo tiene carácter

de una inversión permanente. En consecuencia, para efectos de la evaluación del proyecto, el capital de trabajo inicial constituirá una parte de las inversiones de largo plazo que sólo se recuperará cuando el proyecto deje de operar (típicamente al final de la vida útil o el horizonte del proyecto)<sup>1</sup>.

CUADRO 11  
Tierra Nueva I y II  
INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO  
(Sistema de Recolección y Transporte y Relleno sanitario)

CONCEPTO	Sub-Total (Q)
Administración operación y mantenimiento relleno sanitario	17,468.20
Administración operación y mantenimiento recolección y transporte	210,584.48
ADMINISTRACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	228,052.68
INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (año 2002)	228,052.68

*Fuente: Cálculos propios; Cuadros 8 y 9*

*El valor residual* se estimó como el valor de mercado del terreno recuperado o rellenado, tomando en cuenta solo la parte nivelada en su altura máxima que es el área superior de la celda última en rellenar de aproximadamente 1,175 m<sup>2</sup>. Esta área será de usos limitados porque aún después de 2 años de concluido el relleno podrían ocurrir asentamientos y sólo podrá destinarse para áreas deportivas o de recreo, predios de vehículos o almacenamientos al aire libre. Se estima que el área podría rentarse por un monto de Q 15,000.00 anuales (Q 1,250.00 mensuales), cantidad que dividida por el costo de oportunidad adoptado para el proyecto (12%), da como resultado un valor residual estimado de Q 125,000.00 para el terreno recuperado o nivelado. La obra civil con una inversión estimada en Q 38,400.00 tiene un valor residual del 50% (Q 19,200) al final del horizonte del proyecto de 10 años, considerando una vida útil de la construcción de 20 años. El capital de trabajo se establece en un monto de Q 228,052.68. Con las cifras anteriores se tiene un valor residual total de Q 372,252.68. Los datos del valor residual se resumen en el cuadro 12.

CUADRO 12  
Tierra Nueva I y II  
VALOR RESIDUAL  
(Recolección, Transporte y Relleno Sanitario al final del horizonte del proyecto)

CONCEPTO	Sub-Total (Q)
1. Terreno recuperado (nivelado: 1,175 m <sup>2</sup> )	125,000.00
2. Obra civil (50% de la inversión: vida útil 20 años; uso 10 años)	19,200.00
3. Capital de trabajo	228,052.68
VALOR RESIDUAL TOTAL	Q 372,252.68

*Fuente: elaboración propia; cuadros 7 y 10*

## CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

En el estudio técnico se determinó que las colonias Tierra Nueva I y II manifiestan una baja producción de desechos sólidos (2.54 toneladas por día) lo que por sí solo no justifica la

<sup>1</sup> Este criterio es recomendado por Sapag Chain en “preparación y evaluación de proyectos” y por Karen Marie Mokate en “evaluación financiera de proyectos de inversión”.

implementación de una planta de reciclaje para la recuperación de los materiales comercializables. Se requiere el aporte de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II para lograr la rentabilidad económica de la instalación y operación. La condición anterior se convirtió en el factor determinante en la toma de decisión para la alternativa técnica viable de disposición final de los desechos sólidos en un Relleno Sanitario.

En cuanto a la composición de los desechos, los desechos orgánicos representan el mayor porcentaje (72.60%) condición que al momento de implementar una planta de reciclaje podría hacer viable la implementación de una planta de compostaje. El tamaño del relleno sanitario se estimó con base en la cantidad de desechos generados durante el horizonte del proyecto (10 años) resultando en un volumen de 21,849.25 m<sup>3</sup>. La alternativa de localización se determinó ponderando diferentes áreas en función de su distancia a la comunidad, dirección de los vientos, vías de acceso, topografía y tamaño; en consecuencia de lo anterior, se diseñó el relleno sanitario para ser implementado en un área ubicada en el sector La Fragua de la colonia Tierra Nueva I.

El diseño de la recolección y transporte de desechos sólidos se efectuó aplicando el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala el cual – dentro de otros resultados – estableció que el tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes con camión de capacidad de 18 m<sup>3</sup>.



#### IV. ESTUDIO FINANCIERO

En este estudio se ordena la información contable proporcionada por los estudios anteriores, mediante el análisis de dicha información se determina la viabilidad financiera del proyecto.

La viabilidad financiera se calcula al aplicar los indicadores VANF, TIRF Y Relación Beneficio-Costo financiera a los flujos de fondos proyectados durante el horizonte del proyecto.

##### 4.1 Inversión

Representa el monto monetario inicial para la adquisición de los elementos y recursos necesarios para implementar la nueva unidad de servicio.

La inversión inicial se determina mediante el plan de Inversión, el cual programa la utilización de los recursos disponibles distribuyéndolos en tres rubros; preinversión, inversión fija y capital de trabajo.

- i. Preinversión: los gastos previos a poner en marcha el funcionamiento del proyecto tales como: investigación y estudios se han estimado en un monto de Q 45,000.00 (10.85 % de la inversión total del proyecto, ver cuadro 13). Para el caso de licencias, patentes, gastos administrativos y asistencia técnica, serán proporcionados por la Municipalidad de Chinautla.
- ii. Inversión fija: determina el monto en la adquisición de activos fijos y bienes de capital necesarios para iniciar las operaciones en la prestación del servicio. El monto total de la inversión fija para la implementación del relleno sanitario representa el 34.19 % de la inversión total (Q 141,864.00, ver cuadros 7 y 13).
- iii. Inversión en capital de trabajo: el monto de recursos monetarios adicionales necesarios para iniciar el funcionamiento del sistema de recolección y transporte es de Q 210,584.48 y para el relleno sanitario ascienden a Q 17,468.20; que en conjunto suman Q 228,052.68 (54.96 % de la inversión total) que corresponde a la inversión en capital de trabajo necesaria para la operación de un año normal (ver cuadros 11 y 13).

La inversión total que se integra por el total de recursos monetarios necesarios para poner en funcionamiento el sistema de recolección y transporte y en servicio el relleno sanitario asciende a Q 414,916.88 conformados por los montos de Q 141,864.00 en inversión fija, Q 45,000.00 en preinversión y Q 228,052.68 en capital de trabajo, como se muestra en el cuadro 13.

CUADRO 13  
Tierra Nueva I y II  
INVERSION TOTAL  
(Recolección, transporte y Relleno Sanitario)

CONCEPTO	Porcentaje	Sub-Total (Q)
1. Preinversión	10.85%	45,000.00
2. Inversión fija	34.19%	141,864.00
2. Capital de trabajo	54.96%	228,052.68
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>Q 414,916.68</b>

Fuente: Cálculos Propios en base a Cuadros 7,10 y 11 del estudio técnico

En el cuadro anterior se describe la integración de la inversión total, consistentes en un 10.85% en gastos de preinversión, un 34.19% en inversión fija, y un 54.96% en gastos en capital de trabajo; este rubro es el más elevado ya que el componente de recolección y transporte de los desechos resulta ser más costoso por su administración operación y mantenimiento, ver cuadro 11 en el estudio técnico.

#### 4.2 Costos de funcionamiento

Los costos de operación, administración y mantenimiento para poder atender la generación de desechos sólidos domiciliarios en la recolección, transporte y su disposición final en el relleno sanitario suman Q 228,052.68 (ver cuadro 11 en el estudio técnico).

##### 4.2.1 Recolección y transporte

El costo de recolectar y transportar anualmente los desechos sólidos ascienden a un total de Q 210,584.48 anuales actualmente, que representa manejar los desechos generados por el 80.49 % de la población actual con los siguientes indicadores: 747,051.27 kg/año (747 toneladas métricas aproximadamente, ver demanda actual numeral 2.3.1.2) a un costo unitario de Q 281.89/ tonelada (ver cuadro 9). Estos costos se proyectan con un aumento durante el horizonte del proyecto en proporción al aumento de la población.

##### 4.2.2 Relleno sanitario

La administración, operación y mantenimiento del relleno sanitario actualmente requiere el monto de Q 17,468.20 (ver cuadro 8) con el cual se atendería al 100% de los desechos producidos en las colonias Tierra Nueva I y II (928,129.30 kg/año generados por la población total actual constituida en 3,101 familias y los costos se proyectan también en aumento proporcional al aumento de la población durante el horizonte del proyecto (ver análisis de muestras, numeral 2.3.1.2)

#### 4.3 Ingresos

El flujo de ingresos por concepto del cobro de una tarifa de Q 10.00 mensual por familia a atender, asciende a un total de Q 306,138.77 anual al año 2003 (primer año del horizonte del proyecto). Los ingresos en los posteriores años tenderán a incrementarse conforme aumenta el número de familias a atender (ver cuadro 14).

CUADRO 14  
Tierra Nueva I y II  
INGRESOS ANUALES  
(Cuotas de Q 10.00 por vivienda atendida)

AÑO	POBLACION TOTAL (NUMERO DE HABITANTES)	DEMANDA TOTAL (100% DE VIVIENDAS)	DEMANDA PROYECTO (80.49% VIVIENDAS)	INGRESO ANUAL DEL PROYECTO (En miles de Q)
2003	15,848	3,170	2,551	306
2004	16,198	3,240	2,608	313
2005	16,556	3,311	2,665	320
2006	16,922	3,384	2,724	327
2007	17,296	3,459	2,784	334
2008	17,678	3,536	2,846	341
2009	18,069	3,614	2,909	349
2010	18,468	3,694	2,973	357
2011	18,876	3,775	3,039	365
2012	19,293	3,859	3,106	373

*Fuente: Cálculos propios con base en resultados de cuadros 1 y 5 del estudio de mercado.*

Tomando como promedio cinco habitantes por vivienda, el cuadro anterior muestra el total de la población que se atenderá a lo largo de los diez años de horizonte del proyecto; así por ejemplo en el año 2003 de los 15,848 habitantes de población, que conforman 3,170 familias, se espera atender un 80.49%, es decir 2551 familias; a partir del primer año el número de viviendas atendidas crece en la misma proporción que la población, un 2.21% anual, así en el año 2012 se espera atender a 3,106 familias. El ingreso anual es el resultado de multiplicar la tarifa de Q 10.00 por el número de familias atendidas en cada año; en el año 2003 se espera un ingreso en miles de quetzales de 306.90, el cual se incrementa anualmente en el mismo porcentaje en que crece la población (2.21%).

#### 4.4 Estado de resultados

El resultado de las operaciones contables en cada año de vida del proyecto (se presenta en cuadro 15) establece utilidades para todos los años del horizonte del proyecto.

Los costos de funcionamiento aumentarán durante el horizonte del proyecto, en proporción con el aumento en la generación de los desechos sólidos.

CUADRO 15  
Tierra Nueva I y II  
ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO  
(Cifras en miles de quetzales)

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	306.14	312.90	319.82	326.89	334.11	341.50	349.04	356.76	364.64	744.95 *
Costos	-229.28	-230.53	-231.81	-233.12	-234.45	-235.82	-237.22	-238.64	-301.29	-303.80
RESULTADO	76.86	82.38	88.01	93.77	99.66	105.68	111.83	118.11	63.35	441.15

*NOTA: \* en el ingreso del año 10 se incluyó Q.372,252.68 de valor residual.*

*Fuente: Cuadros 10 y 14*

## 4.5 Evaluación financiera

A través de la evaluación financiera se determina la rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto. Para llevarla a cabo se parte del flujo neto de fondos del cual se determina el valor actual neto financiero (VANF), la tasa interna de retorno financiera (TIRF) y la relación financiera beneficio costo (B/C).

### 4.5.1 Flujo de fondos

Esta herramienta permite proyectar el movimiento de flujos monetarios que se presentarán en cada uno de los años del horizonte del proyecto (ver cuadro 16).

CUADRO 16  
Tierra Nueva I y II  
FLUJO DE FONDOS FINANCIERO  
(Cifras en quetzales)

Año	Inversión	Ingresos	Valor Residual	Costos	Flujo Neto
0	(414,916.68)				(414,916.68)
1		306,138.77		(229,277.43)	76,861.34
2		312,904.43		(230,529.25)	82,375.19
3		319,819.62		(231,808.72)	88,010.90
4		326,887.63		(233,116.48)	93,771.16
5		334,111.85		(234,453.14)	99,658.72
6		341,495.72		(235,819.33)	105,676.39
7		349,042.78		(237,215.72)	111,827.06
8		356,756.62		(238,642.97)	118,113.65
9		364,640.95		(301,286.91)	63,354.04
10		372,699.51	372,252.68	(303,798.99)	441,153.21

Fuente: Cuadros 10, 12 y 13

### 4.5.2 Valor Actual Neto Financiero (VANF)

Los resultados de la actualización de los flujos netos a distintas tasas de interés desde cero hasta el 40% se presentan en cuadro 17. Los resultados de la evaluación determinada con los cálculos efectuados indican que el proyecto es autofinanciable. El valor actual neto financiero es Q 214,878.80 utilizando la tasa del 12% (costo de oportunidad adoptado para la evaluación del proyecto) \*/

### 4.5.3 Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF)

La tasa interna de retorno del proyecto, se determinó a 21.15%. Esta tasa influye en la recuperación de la inversión durante el horizonte del proyecto (ver numeral 4.5.6 y cuadro 19).

\* /Tasa de interés común en costos de oportunidad de capital en obras de tipo gubernamental considerando que generalmente los créditos otorgados por los organismos financieros internacionales fijan una tasa de interés anual que oscila entre el 9 % y 12 %.

#### 4.5.4 Relación financiera Beneficio/Costo (B/C)

La comparación entre los ingresos monetarios y los costos monetarios actualizados se presenta en el cuadro 17. La relación B/C se comporta mayor que la unidad en diferentes tasas de actualización considerados en el análisis. La relación B/C es de 1.121 para la tasa de actualización de 12%.

CUADRO 17  
Tierra Nueva I y II  
VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO Y RELACION BENEFICIO/COSTO FINANCIERA

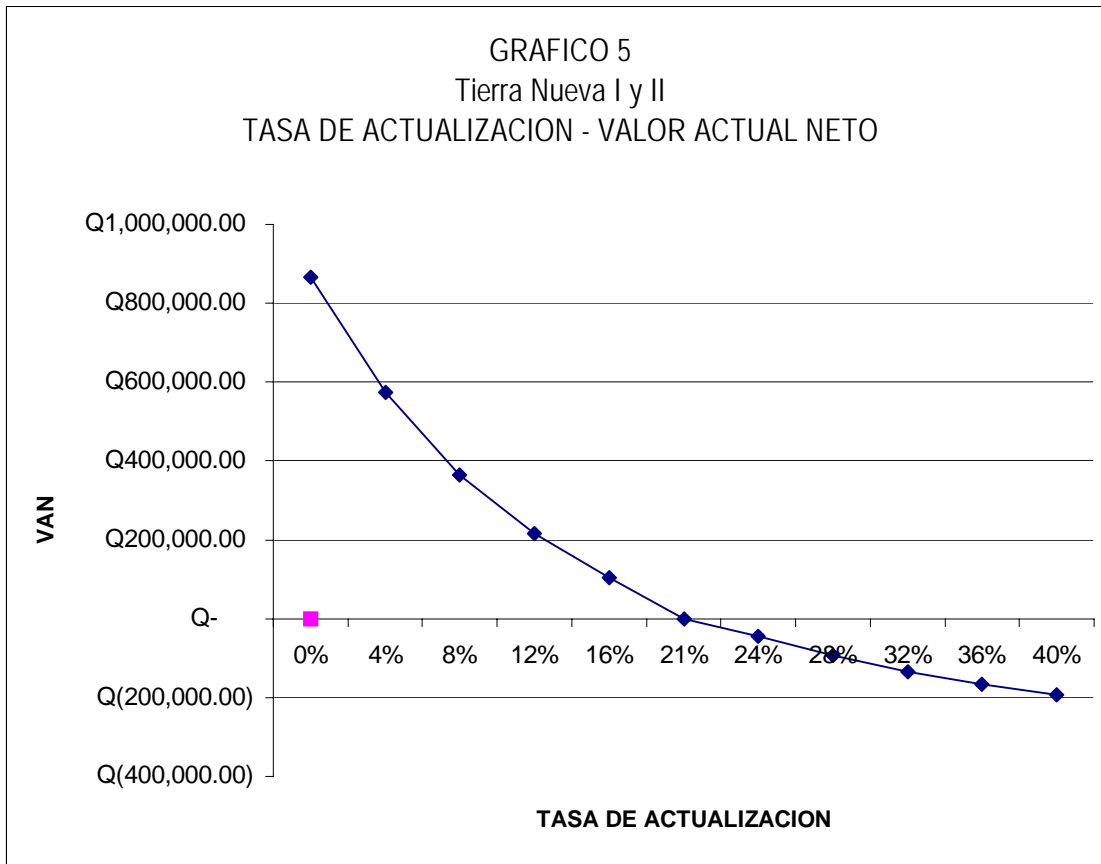
TASA DE ACTUALIZACION	VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO (Cifras en Q)	RELACION FINANCIERA BENEFICIO COSTO
0%	865,884.95	1.300
4%	572,798.93	1.238
8%	365,180.48	1.178
COP = 12%	214,878.80	1.121
16%	103,814.69	1.066
20%	20,139.98	1.014
TIRf = 21.1478138%	0.00	1.000
24%	(44,059.64)	0.966
28%	(94,167.04)	0.921
32%	(133,906.59)	0.879
36%	(165,897.34)	0.840
40%	(192,009.76)	0.804

*COP = Costo de oportunidad del capital adoptado para el proyecto*

*TIRf = Tasa interna de retorno calculada para el proyecto*

*Fuente: Cálculos propios con base en flujo de fondos del cuadro 16.*

En el cuadro 17, anterior, puede observarse que el valor actual neto es muy sensible a las variaciones de la tasa de actualización. Al variar la tasa de actualización del 12% al 16% el valor actual neto se reduce de Q 214,878.80 a Q 103,814.69. Para caso de este estudio de calcula una Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF) del 21.14%, valor que se sitúa arriba de la tasa de interés usada para calcular el VANF (12%), lo cual resulta ventajoso para el estudio, porque permite un margen de maniobra de nueve puntos en tasa de interés. En la relación B/C no se observan variaciones sustantivas frente las variaciones de la tasa de actualización.



Fuente:

Datos tomados del Cuadro 17

Los resultados del cuadro 19 se visualizan en el gráfico 5 en el que se describe el comportamiento de la curva tasa de actualización/valor actual neto. En dicho comportamiento se aprecia la sensibilidad del valor actual neto, siendo más sensible a incrementarse con tasas de actualización cercanas a cero, y es menos sensible con tasas cercanas a la tasa interna de retorno (21.14%).

#### 4.5.5 Análisis punto de equilibrio

Para el análisis se considera la ecuación de costo de recolección y transporte analizada en la sección 3.6 (Análisis de costos):

$$C_t = 2535.936vn + 14983.8n + 157650.48$$

A esta ecuación se suma el costo de operación del relleno sanitario: Q 17,468.20 para tener el costo total (CT):

$$CT = 2535.936vn + 14983.8n + 157650.48 + 17468.20$$

$$= 2535.936vn + 14983.8n + 175,118.68$$

El volumen  $v = W/320$ ; donde:  $W$  es el peso de los desechos producidos por las viviendas que representan la demanda del proyecto:

$W = Q \times 299.3/156$ ; donde:  $Q$  es el número de viviendas que representa la demanda del proyecto, 299.3 es la cantidad generada de desechos en kg/vivienda/año y 156 es la cantidad de jornadas de recolección /año

En la ecuación;  $n$  es el número de viajes/jornada (para efecto de análisis se considera la situación actual con  $n = 1$  viaje

Sustituyendo valores en la ecuación de costo total:

$$CT = 2535.936(Q \times 299.3/156/320)1 + 14983.8(1) + 175118.68$$

$$= 15.20444Q + 190102.48$$

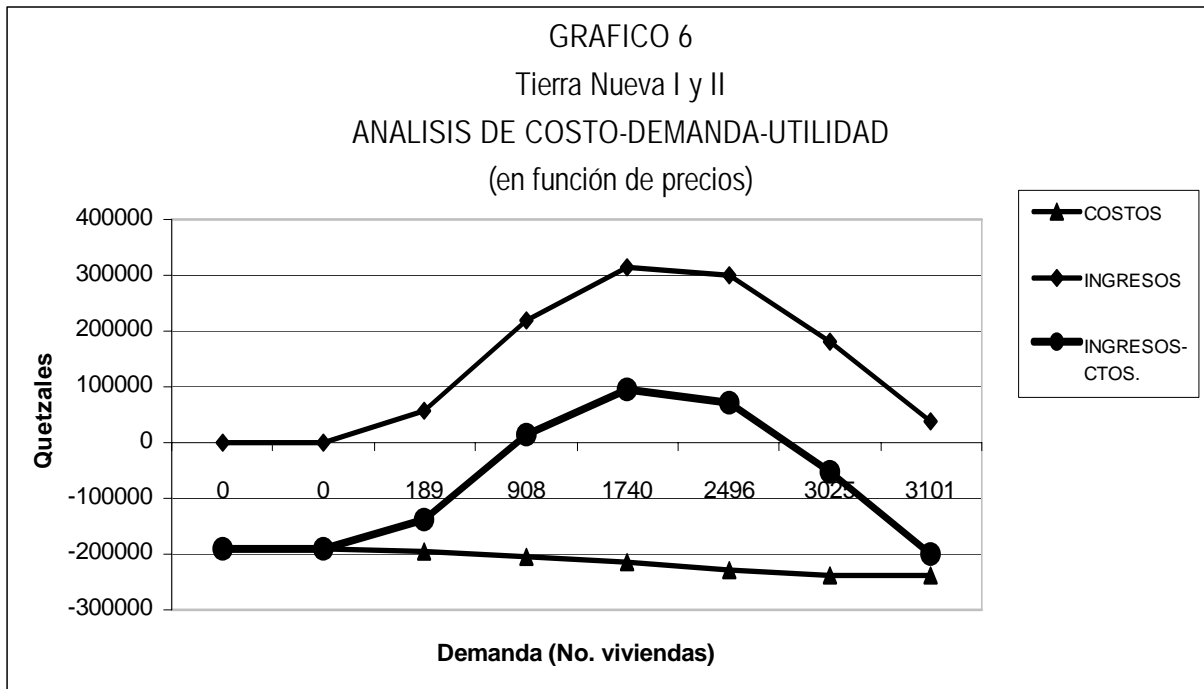
Con esta ecuación se tiene el costo total anual  $CT$  en función de la demanda  $Q$ . Los datos para los ingresos se obtienen del Cuadro 5 y se relaciona con los costos en el Cuadro 18 siguiente:

**CUADRO 18**  
Tierra Nueva I y II  
Ingresos y costos por año en función de la tarifa mensual por recolección y transporte

PRECIO MENSUAL POR FAMILIA (Q)	NUMERO VIVIENDAS ATENDIDAS	% DE VIVIENDAS ATENDIDAS	INGRESO MENSUAL (Q)	INGRESO ANUAL (Q)	COSTO ANUAL (Q)	RESULTADO INGRESOS - COSTOS (Q)
1.00	3101	100.00%	3,101.00	37,212.00	-237251.45	- 200,039.45
5.00	3025	97.56%	15,126.68	181,520.14	-236101.01	- 54,580.88
10.00	2496	80.49%	24,959.95	299,519.39	-228052.69	71,466.70
15.00	1740	56.10%	26,094.92	313,138.98	-216553.05	96,585.93
20.00	908	29.27%	18,153.25	217,839.05	-203902.98	13,936.06
25.00	189	6.10%	4,729.03	56,748.30	-192978.57	-136,230.27
30.00	0	0%	-	-	-190102.48	-190,102.48
50.00	0	0%	-	-	-190102.48	-190,102.48

FUENTE: Elaboración propia, encuesta del proyecto

En el cuadro 18, anterior, se presenta las datos del cuadro 5 del estudio de mercado en donde se establecen los ingresos del proyecto en función de las variaciones de la tarifa por recolección de desechos y sus correspondientes demandas. Las columnas 5 y 6 del cuadro 18 muestran los ingresos anuales y los costos anuales respectivamente; en la última columna se muestran las diferencias entre ingresos y costos, alcanzándose el máximo valor (Q 96,585.93) en una tarifa mensual por familia de Q15.00; en el gráfico 6 se pueden apreciar las curvas de costos, ingresos y resultados en función de la tarifa por recolección y demanda.



FUENTE: Elaboración propia con base en datos de cuadro 18

En la curva de resultados (ingresos-costos) del gráfico 6 anterior se muestra que el punto de equilibrio se alcanza en la demanda de 2,775 y 835; determinándose utilidad al atender cualquier demanda dentro de estos extremos y pérdida fuera de ellos. La maximización de ingresos se obtiene al fijar la tarifa de Q15.00 mensuales por vivienda que corresponde a una demanda de 1,740 viviendas que solo representa el 56.10% de la demanda total; no obstante lo anterior, se fijó para el proyecto una tarifa mensual de Q10.00 que atiende una demanda significativa (80.49%) y los resultados que genera (ingresos-costos) se establecen cercanos a la maximización.

La decisión de fijar una tarifa de Q.10.00 mensuales por vivienda aún y cuando no representa la maximización del resultado de ingresos menos costos, obedece a la razón fundamental tomada en cuenta en el análisis que se basa en el hecho potencial que el proyecto no provocará un impacto positivo apreciable en el largo plazo si no atiende a un porcentaje significativo de la población.

#### 4.5.6 Recuperación de la inversión

Tomando en cuenta que los costos no son constantes durante el horizonte del proyecto y a su incremento anual no se le puede aplicar un gradiente constante debido a que los costos no tienen un alza con tasa constante; por lo tanto, para tener una ilustración sobre la recuperación de la inversión, se tabularon flujos acumulados actualizados a las tasas de costo de oportunidad de capital adoptado (COC = 12%) y tasa interna de retorno (TIRF = 21.15%).

Al final del año 7, el capital invertido (Q 414,916.68) se habrá recuperado aplicando el 12% de tasa de actualización y en ese momento se tendrá un valor residual de Q 348,012.68.



CUADRO 19  
Tierra Nueva I y II  
RECUPERACION DE CAPITAL  
(cifras en quetzales)

Año	Flujo neto	Flujos netos actualizados acumulados a 0 %	Flujos netos actualizados acumulados a TIR = 21.15%	Flujos netos actualizados acumulados a COC = 12 %	Valor residual al final del año indicado
0	-414,916.68	-414,916.68	-414,916.68	-414,916.68	291,452.68
1	76,861.34	-338,055.35	-351,472.42	-346,290.49	299,532.68
2	82,375.19	-255,680.16	-295,346.27	-280,621.50	307,612.68
3	88,010.90	-167,669.26	-245,848.04	-217,977.08	315,692.68
4	93,771.16	-73,898.11	-202,316.21	-158,383.81	323,772.68
5	99,658.72	25,760.61	-164,127.29	-101,834.78	331,852.68
6	105,676.39	131,437.00	-130,701.28	-48,295.83	339,932.68
7	111,827.06	243,264.06	-101,504.31	2,289.05	348,012.68
8	118,113.65	361,377.71	-76,049.17	49,993.17	356,092.68
9	63,354.04	424,731.75	-64,778.91	72,839.27	364,172.68
10	441,153.21	865,884.95	0.00	214,878.80	372,252.68

Fuente: Cálculos propios, con base al cuadro 16

En el cuadro 19 se puede apreciar que con tasa de actualización cero (0%), la inversión se recupera durante el quinto año de operación del proyecto dejando un valor residual al final de ese año de Q 331,852.68. Al aplicar la tasa de actualización del doce por ciento (COC) se logra recuperar la inversión durante el séptimo año de operación y al final del año se tiene un valor residual de Q 348,012.68.

#### 4.5.7 Análisis de sensibilidad

En el cuadro 20 se muestra el análisis de sensibilidad; el cual establece para una tasa de actualización de 12% (costo de oportunidad adoptado): un Valor Actual Neto positivo ante un incremento del 10% en costos, como también ante un decremento en 10 % de los ingresos; sin embargo, cuando simultáneamente se da un incremento en los costos en 10% y un decremento en los ingresos en 10% se tiene un resultado de Valor Actual neto negativo.

En los casos extremos en cuanto a límites de rentabilidad cuando la Tasa Interna de Retorno desciende y se iguala al costo de oportunidad (12%), el Valor Actual Neto del proyecto es nulo y dichos extremos pueden darse al ocurrir los siguientes cambios – dentro de otras modificaciones – en los costos e ingresos:

- i. Cuando se da un incremento del 15.75 % en los costos y los ingresos permanecen en el nivel del escenario proyectado o esperado.
- ii. Cuando se da un decremento del 10.77 % en los ingresos y los costos permanecen en el nivel del escenario esperado.
- iii. Cuando se da un incremento del 6.40 % en los costos y un decremento del 6.4 % en los ingresos.

Del análisis anterior se concluye que el proyecto es más sensible a los cambios a la baja en los ingresos que al incremento en los costos.

**CUADRO 20**  
**Tierra Nueva I y II**  
**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**  
**(Recolección, Transporte y Relleno sanitario)**  
**(Cifras en miles de quetzales)**

Años	COSTOS		INGRESOS			Flujo Neto	costos		ingresos		Flujo neto	
	Inversiones	ANUAL	ANUAL	Rescate	Total	(Benef-Ctos)	,+10 %	,-10 %	Costos +10%	Benefic -10%	C+10% Y B-10%	
0	414.92					-414.92	0.00	0.00	-414.92	-414.92	-414.92	
1		229.28	306.14		306.14	76.86	252.21	275.52	53.93	46.25	23.32	
2		230.53	312.90		312.90	82.38	253.58	281.61	59.32	51.08	28.03	
3		231.81	319.82		319.82	88.01	254.99	287.84	64.83	56.03	32.85	
4		233.12	326.89		326.89	93.77	256.43	294.20	70.46	61.08	37.77	
5		234.45	334.11		334.11	99.66	257.90	300.70	76.21	66.25	42.80	
6		235.82	341.50		341.50	105.68	259.40	307.35	82.09	71.53	47.94	
7		237.22	349.04		349.04	111.83	260.94	314.14	88.11	76.92	53.20	
8		238.64	356.76		356.76	118.11	262.51	321.08	94.25	82.44	58.57	
9		301.29	364.64		364.64	63.35	331.42	328.18	33.23	26.89	-3.24	
10		303.80	372.70	372.25	744.95	441.15	334.18	670.46	410.77	366.66	336.28	
TOTAL	414.92	2475.95	3384.50	372.25	372.25	865.88	2,723.54	3,381.08	618.29	490.21	242.62	

TABLA DE VALORES ACTUALIZADOS

Tasas actualización	X	0%	5%	9%	10%	12%	15%	20%	21.1478%	22%
Benefcs. actualizados	Y'	3,756.75	2,819.10	2,296.08	2,188.08	1,994.09	1,749.38	1,435.14	1,375.84	1334.38
Costos actualizados	Y"	2,475.95	1,889.99	1,558.09	1,488.99	1,364.29	1,205.83	1,000.08	960.92	933.48

INDICES DE RENTABILIDAD

Tasa interna retorno	TIR (f)	21.15%									
Relación beneficio/costo.	B/C (f)	1.30	1.22	1.16	1.15	1.12	1.08	1.01	1.00	0.99	
Valor actual neto	VAN (f)	865.88	514.20	323.07	284.18	214.88	128.63	20.14	0.00	-14.01	

INCREMENTO EN COSTOS DEL 10 %

Tasa interna retorno	TIR (f)	15.39%									
Relación beneficio/costo.	B/C (f)	1.20	1.13	1.08	1.07	1.04	1.0046	0.95	0.9347	0.9255	
Valor actual neto	VAN (f)	618.29	325.20	167.26	135.28	78.45	8.05	-79.87	-96.09	-107.36	

REDUCCION EN BENEFICIOS DEL 10 %

Tasa interna retorno	TIR (f)	12.69%									
Relación beneficio/costo.	B/C (f)	1.17	1.10	1.05	1.03	1.01	0.97	0.91	0.90	0.89	
Valor actual neto	VAN (f)	490.21	232.29	93.47	65.37	15.47	-46.31	-123.37	-137.58	-147.45	

INCREMENTO EN COSTOS DEL 10 % Y REDUCCION EN BENEFICIOS DEL 10 %

Tasa interna retorno	TIR (f)	6.47%									
Relación beneficio/cto.	B/C (f)	1.08	1.02	0.97	0.96	0.94	0.90	0.85	0.84	0.83	
Valor actual neto	VAN (f)	242.62	43.29	-62.34	-83.53	-120.96	-166.89	-223.38	-233.68	-240.80	

Fuente: Cálculos propios, cuadros 17 y 18

## CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO

En el estudio financiero se determinó la rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto (Q 414,916.68 en inversión); se estableció que el proyecto presenta un valor actual neto financiero de Q 214,878.8, una tasa interna de retorno de 21.15% y una relación financiera B/C 1.462. Estos resultados aunados con los resultados del análisis del punto de equilibrio, recuperación del capital invertido y análisis de sensibilidad determinan la viabilidad financiera del proyecto.

## V. ASPECTOS AMBIENTALES

### 6.1 Identificación de los impactos potenciales al medio afectado

La identificación de impactos potenciales que la ejecución y operación del proyecto ocasionará al medio ambiente se efectuó con base en la matriz de impactos ambientales (ver anexo 1), descritos de la siguiente manera:

#### 6.1.1 Efectos físicos y químicos

- i. En el agua: se deteriorará la calidad del agua superficial porque estará expuesta al contacto con los desechos y se tornará en ácido lixiviado; la calidad del agua subterránea variará negativamente al tener demasiada infiltración el suelo.
- ii. En el suelo: se provocará erosión del suelo con los movimientos de tierra en la construcción y durante la operación del relleno sanitario. La calidad del suelo se alterará al mezclarse con ácido lixiviado.
- iii. En la atmósfera: la calidad del aire se verá afectada por las partículas nocivas arrastradas por el viento

#### 6.1.2 Efectos estéticos

- i. Apariencia del aire: el aire se verá brumoso al no dar un tratamiento oportuno a los desechos.
- ii. Olor: se hará sentir mal olor por la descomposición de desechos.

#### 6.1.3 Efectos económicos

- i. Empleo y mano de obra: Se generará empleo y mano de obra en la construcción y operación.
- ii. Salud pública: podría verse afectada negativamente la salud de las personas que participen en la operación del proyecto y las que habiten en áreas cercanas a la ubicación del relleno sanitario si éste no es manejado adecuadamente, tomando en cuentas las medidas de mitigación propuestas en el numeral 6.2 siguiente.

### 6.2 Medidas de mitigación

Identificados los riesgos y amenazas con base en la matriz utilizada, las medidas de mitigación propuestas a continuación, se establece implementarlas con base en las características del proyecto en dos etapas:

#### 6.2.1 Etapa de construcción del proyecto

- i. Contra cuneta: se construirá una contra cuneta en la parte alta del relleno para evitar el contacto del agua de lluvia con los desechos y evita la erosión del suelo en época lluviosa.

- ii. Impermeabilización del terreno: se impermeabilizará el terreno en un grado óptimo a efecto de que no se contamine el suelo y las aguas subterráneas con los líquidos de los desechos; se propone utilizar arcilla u otro material que minimice la permeabilidad del suelo.
- iii. Construcción de pozos de absorción de líquido percolado.
  - iv. Perímetro ambiental: siembra de árboles en el perímetro interior del precio a utilizar para la implementación del relleno sanitario.
  - v. Celdas del relleno: preparación del área para celdas con pendientes adecuadas a efecto de evitar la erosión.

La unidad ejecutora del proyecto será el ejecutor de las medidas de mitigación durante el cronograma que se establecerá para su construcción.

#### 6.2.2 Etapa de operación del proyecto

- i. Manejo de celdas: las celdas se conformarán con las pendientes adecuadas a efecto de neutralizar la potencial erosión del suelo.
- iii. Material de cobertura: se cubrirá con capas de tierra los desechos sólidos al final de cada jornada de recolección, a efecto de minimizar los efectos en la calidad del aire que ocasiona bajos niveles de salubridad en las personas que operan el proyecto y las que habitan en sus cercanías. Esto también contribuye también a favorecer una estabilización del suelo del relleno sanitario evitando la erosión. Este manejo se debe realizar frecuentemente sobre todo cuando no exista clasificación y únicamente exista el relleno sanitario.
- iv. Construcción de drenajes de líquido percolado y drenaje de gases.

El equipo encargado de la operación del proyecto será el ejecutor de las medidas de mitigación durante el cronograma que se establecerá para su operación.

#### 6.3. Opinión de la población con referencia al proyecto.

La población tiene una buena aceptación del proyecto al considerar que con éste se eliminarían todos los botaderos no controlados. Aunque la población no ha entrado a considerar los impactos que ocasionaría el proyecto de manejo de desechos sólidos, se considera que estos serán mínimos respecto a lo que se tiene actualmente.

## VI. ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

### 7.1 Aspectos legales

El ordenamiento jurídico guatemalteco fijado por la constitución política de la república, leyes, reglamentos y decretos, entre otros, determinan diversas condiciones que permiten la ejecución del proyecto. Es más, como se describe posteriormente está normado por varias leyes la prestación del servicio de manejos de los desechos sólidos por parte de las municipalidades. Actualmente la legislación vigente en Guatemala, como principio señala a las municipalidades una función rectora en la prestación de los servicios públicos para poblaciones ubicadas en su jurisdicción territorial.

#### i. Constitución política de la república de Guatemala

En el ámbito local, las municipalidades son las obligadas a prestar los servicios públicos. En la constitución de la república de Guatemala, en el artículo 253, se estableció: "...Los municipios de la república de Guatemala, son instituciones autónomas. Entre sus funciones les corresponde: c) atender los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción y el cumplimiento de sus propios fines. Para los efectos correspondientes emitirán las ordenanzas y reglamentos respectivos..."

#### ii. Código Municipal (decreto legislativo No. 12-2002)

En su artículo 72 afirma: "servicios públicos municipales. El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios".

Así mismo el artículo 73 del mismo cuerpo legal expresa: "forma de establecimiento y prestación de servicios municipales. Los servicios públicos municipales serán prestados y administrados por: a) por las municipalidades y sus dependencias administrativas, unidades de servicio y las empresas públicas; b) la mancomunidad de municipios según regulaciones acordadas conjuntamente; c) por concesiones otorgadas de conformidad con las normas contenidas en este código, la ley de contrataciones del Estado y reglamentos municipales".

De acuerdo con el artículo 38 del mismo código deberá contar permanentemente con la asesoría de cuerpos técnicos a efecto de establecer, organizar y regular los servicios públicos municipales, por lo que serán considerados dichos artículos.

#### iii. Ley de contrataciones del Estado (decreto 57-92 del congreso de la república)

Propiamente para la ejecución y programación de obras públicas, además de lo que le confiere la constitución y el código municipal, las municipalidades deben regirse a los procedimientos que dictan la ley de contrataciones del Estado y su reglamento.

- iv. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente (decreto No. 68-86 del congreso de la república): artículos 6 y 7.
- v. El decreto No. 33-96 del congreso de la república: a través de este decreto se establecen los delitos contra la economía y el ambiente.
- vi. Código de salud (decreto No.90-97)
- vii. Reglamento del ministerio de salud pública y asistencia social y sus dependencias (acuerdo gubernativo No. 471-84): en su artículo 55, señala las funciones del departamento de control y disposición de desechos de la división de saneamiento del medio.

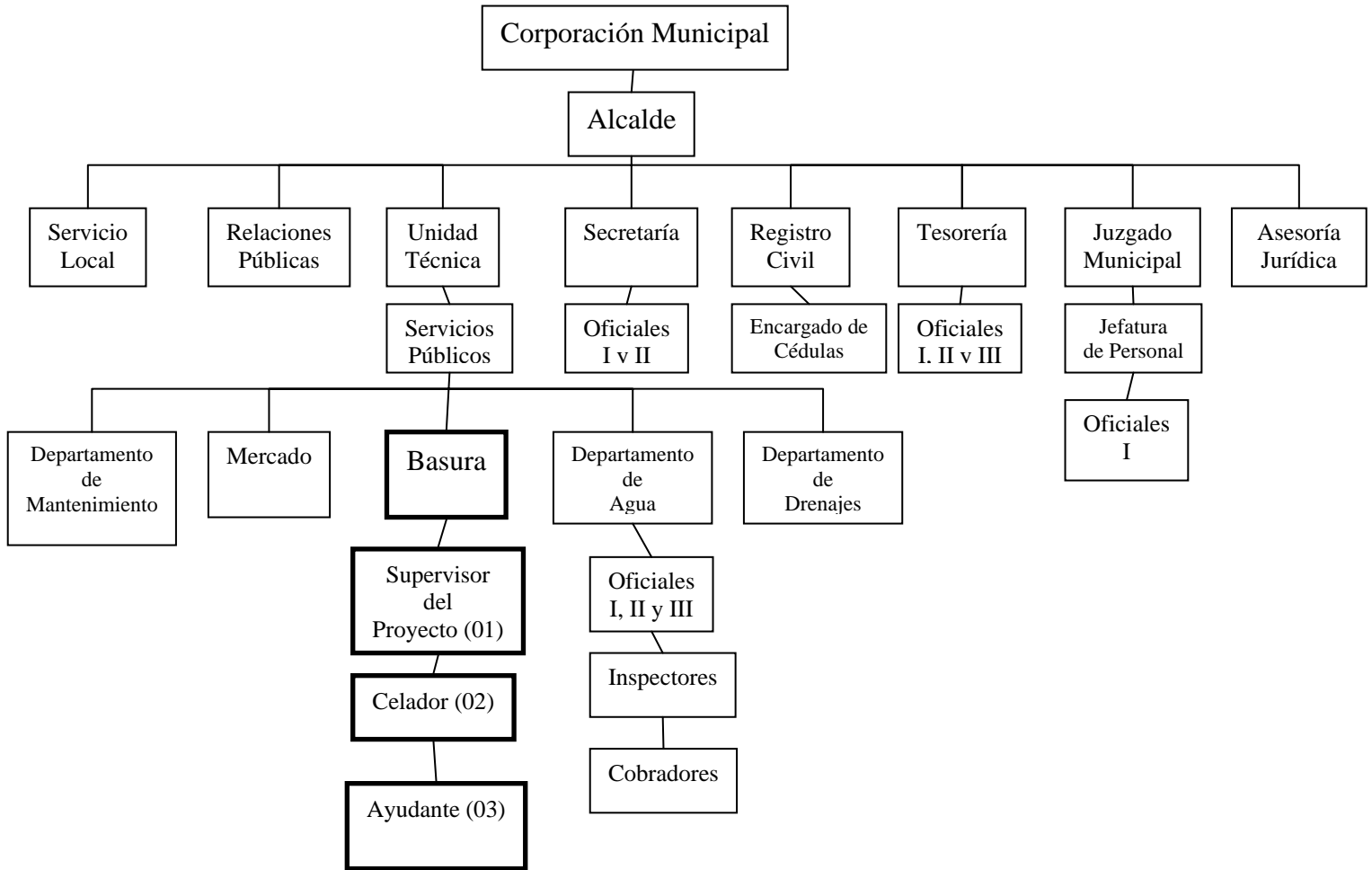
Como se puede establecer dichos fragmentos normativos son aplicados por diversos órganos estatales, entre ellos el ministerio de salud pública, el ministerio de recursos naturales y medio ambiente, las municipalidades y la fiscalía del medio ambiente del ministerio público lo que implica en el mejor de los casos duplicación de esfuerzos, a pesar de lo cual las características en servicio actual denota inactividad, por lo que se hace necesario que en la reorganización del servicio de manejo de residuos sólidos se incluya también el establecimiento de las funciones específicas de cada institución gubernamental; con esta medida se unificarían esfuerzos mejorándose notablemente dicho servicio.

Además de las leyes anteriores que son de carácter general, el proyecto estará regulado por las siguientes: deberá ajustarse al marco jurídico nacional; código de comercio, código de trabajo, código civil, código penal, leyes y reglamentos del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS); y la ejecución, administración y funcionamiento del proyecto estarán regidos –además de lo indicado en el código municipal, ley de contrataciones del Estado y demás leyes y reglamentos aplicables– fundamentalmente por los estatutos y reglamentos internos y demás disposiciones del municipio de Chinautla del departamento de Guatemala.

## 7.2 Aspectos administrativos

La ubicación del proyecto en su componente de relleno sanitario, dentro de la estructura administrativa de la municipalidad de Chinautla queda adscrito a la alcaldía auxiliar de Tierra Nueva I y II, instancia que lo vincula a la comisión de medio ambiente y salud de la municipalidad de Chinautla, como se ilustra en el diagrama 3. Los puestos directamente vinculados a la operación administración y mantenimiento del relleno sanitario, quedan descritos por los siguientes puestos: supervisor, celador y ayudante.

DIAGRAMA 4  
 "Organigrama de la municipalidad de Chinautla"



PERFIL DE PUESTO (01): Supervisor

1. IDENTIFICACIÓN

- 1.1 Nombre del puesto: supervisor
- 1.2 Unidad administrativa: municipalidad de Chinautla
- 1.3 Departamento: medio ambiente y salud
- 1.4 Sección: medio ambiente
- 1.5 Unidad: proyecto manejo de desechos sólidos domiciliarios

2 SUPERVISIÓN

- 2.1 Supervisado directamente por: responsable de medio ambiente y salud
- 2.2 A quien supervisa directamente: celador

3 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- 3.1 General: desarrollar las acciones de supervisión para la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectadas para el proyecto en un relleno sanitario.
- 3.2 Específica: supervisar el la selección de los desechos sólidos recolectados y supervisar la ejecución operativa del celador.

4 INTERACCIONES PERSONALES

- 4.1 Con los clientes: ninguna
- 4.2 Con el personal interno: con recolectores municipales y responsable de medio ambiente y salud
- 4.3 Con el personal externo: responsable del proyecto

5 RESPONSABILIDADES

- 5.1 Equipo, herramienta y/o maquina: llaves de seguridad
- 5.2 Bienes y valores: ninguno
- 5.3 Uso de vehículo: ninguno
- 5.4 Consecuencias del error: llamada de atención verbal, apercibimiento escrito y finalmente despedido.
- 5.5 Seguridad y salud ocupacional: uso continuo de guantes, botas y traje protector individual
- 5.6 Manejo de información confidencial: referente al desarrollo del proyecto.
- 5.7 Documentos y reportes: reporte semanal al responsable de medio ambiente y salud.

- 6 LIMITES DE AUTORIDAD: administrativamente tiene bajo su responsabilidad al Celador y se le confieren su dirección y monitoreo; es responsable directo del proyecto.

7 CONDICIONES DE TRABAJO

- 7.1 Tipo de trabajo: contrato a termino
- 7.2 Ambiente físico: vulnerable
- 7.3 Exposiciones a riesgo: continuas

8 REQUISITOS

- 8.1 Académicos: sexto primaria
- 8.2 Experiencia: maestro de obras por cinco años
- 8.3 Capacitación: albañilería
- 8.4 Aptitudes: cálculos de construcción
- 8.5 Destrezas: manejo de equipo de albañilería
- 8.6 Idiomas: castellano



PERFIL DE PUESTO (02): Celador

1. IDENTIFICACIÓN

- 1.1 Nombre del puesto: celador
- 1.2 Unidad administrativa: municipalidad de Chinautla
- 1.3 Departamento: medio ambiente y salud
- 1.4 Sección: medio ambiente
- 1.5 Unidad: proyecto manejo de desechos sólidos domiciliarios

2. SUPERVISIÓN

- 2.1 Supervisado directamente por: supervisor del proyecto
- 2.2 A quien supervisa directamente: ayudante de celador

3. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- 3.1 General: desarrollar las acciones operativas para la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectadas para el proyecto en un relleno sanitario.
- 3.2 Específica: disponer los desechos sólidos recolectados en celdas apropiadas, para garantizar la continuidad del relleno sanitario.

4. INTERACCIONES PERSONALES

- 4.1 Con los clientes: ninguna
- 4.2 Con el personal interno: con administrador y ayudante de celador
- 4.3 Con el personal externo: ninguna

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Equipo, herramienta y/o maquinaria: pala, piocha, orquilla, rastrillo, azadón. Carretilla de mano, compactador manual, rodillo compactador manual.
- 5.2 Bienes y valores: ninguno
- 5.3 Uso de vehículo: ninguno
- 5.4 Consecuencias del error: llamada de atención verbal, apercibimiento escrito y finalmente despedido.
- 5.5 Seguridad y salud ocupacional: uso continuo de guantes, botas y traje protector individual
- 5.6 Manejo de información confidencial: ninguna
- 5.7 Documentos y reportes: informe diario de operación.

- 6. LIMITES DE AUTORIDAD: administrativamente tiene bajo su responsabilidad al Ayudante de Celador y se le confieren su dirección y monitoreo.

7. CONDICIONES DE TRABAJO

- 7.1 Tipo de trabajo: contrato a termino
- 7.2 Ambiente físico: vulnerable
- 7.3 Exposiciones a riesgo: continuas

8. REQUISITOS

- 8.1 Académicos: alfabeto
- 8.2 Experiencia: albañil por tres años
- 8.3 Capacitación: albañilería
- 8.4 Aptitudes: alfabeto, conocimiento básico de matemáticas
- 8.5 Destrezas: manejo de herramienta básica de albañilería
- 8.6 Idiomas: castellano

PEFIL DE PUESTO (03): Ayudante de Celador

1. IDENTIFICACIÓN

- 1.1 Nombre del puesto: ayudante de celador
- 1.2 Unidad administrativa: municipalidad de Chinautla
- 1.3 Departamento: medio ambiente y salud
- 1.4 Sección: medio ambiente
- 1.5 Unidad: proyecto manejo de desechos sólidos domiciliarios

2. SUPERVISIÓN

- 2.1 Supervisado directamente por: celador
- 2.2 A quien supervisa directamente: ninguno

3. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- 3.1 General: apoyar al celador en la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectadas para el proyecto en un relleno sanitario.
- 3.2 Específica: cumplir con las funciones operativas asignadas por el celador.

4. INTERACCIONES PERSONALES

- 4.1 Con los clientes: ninguna
- 4.2 Con el personal interno: con el celador y supervisor del proyecto
- 4.3 Con el personal externo: ninguna

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Equipo, herramienta y/o maquinaria: ninguna
- 5.2 Bienes y valores: ninguna
- 5.3 Uso de vehículo: ninguna
- 5.4 Consecuencias del error: llamada de atención verbal, apercibimiento escrito y finalmente despedido.
- 5.5 Seguridad y salud ocupacional: uso continuo de guantes, botas y traje protector individual
- 5.6 Manejo de información confidencial: ninguna
- 5.7 Documentos y reportes: ninguno

6. LIMITES DE AUTORIDAD: Actividades destinadas por el Celador

7. CONDICIONES DE TRABAJO

- 7.1 Tipo de trabajo: contrato a termino
- 7.2 Ambiente físico: vulnerable
- 7.3 Exposiciones a riesgo: continuo

8. REQUISITOS

- 8.1 Académicos: ninguno
- 8.2 Experiencia: ayudante de albañil durante un año
- 8.3 Capacitación: ninguna
- 8.4 Aptitudes: ninguna
- 8.5 Destrezas: ninguna
- 8.6 Idiomas: castellano

## CONCLUSIÓN DE ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

El ordenamiento jurídico vigente en Guatemala no obstaculiza el desarrollo del proyecto, más bien lo facilita a través de las instancias pertinentes: municipalidad de Chinautla, ministerio de salud pública y ministerio de recursos naturales principalmente; las leyes vigentes incluyen el establecimiento de las funciones específicas que le corresponde a cada institución gubernamental en el desarrollo de proyectos de ésta naturaleza.

En lo relativo a los aspectos administrativos, la municipalidad de Chinautla cuenta ya con las instancias correspondientes para hacer funcionar el proyecto, de manera que no se necesita un cuerpo administrativo independiente. A la unidad de servicios públicos, en el rubro específico de basura, deben agregarse tres puestos específicos para hacer funcionar el proyecto.

## VII. CONCLUSIONES

En el estudio de mercado se determinó que existe demanda para el proyecto (más del 50 % de la población carece del servicio de recolección y transporte); la demanda actualmente atendida con este servicio es del 46.34%; la maximización de ingresos se obtiene al atender una demanda que representa el 56.10% de la demanda total que se da cuando se fija un precio de Q15.00 mensuales, sin embargo, se fijó para el proyecto una cuota mensual de Q10.00 por considerarla cercana a la maximización de ingresos y que atiende una demanda significativa del 80.49% de la demanda total.

En el estudio técnico se determinó que las colonias Tierra Nueva I y II manifiestan una baja producción de desechos sólidos (2.54 toneladas por día) lo que por sí solo no justifica la implementación de una planta de reciclaje para la recuperación de los materiales comercializables. Se requiere el aporte de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II para lograr la rentabilidad económica de la instalación y operación. La condición anterior se convirtió en el factor determinante en la toma de decisión para la alternativa técnica viable de disposición final de los desechos sólidos en un Relleno Sanitario. En cuanto a la composición de los desechos, los desechos orgánicos representan el mayor porcentaje (72.60%) condición que al momento de implementar una planta de reciclaje podría hacer viable la implementación de una planta de compostaje. El tamaño del relleno sanitario se estimó con base en la cantidad de desechos generados durante el horizonte del proyecto (10 años) resultando en un volumen de 21,849.25 mts<sup>3</sup>. La alternativa de localización se determinó ponderando diferentes áreas en función de su distancia a la comunidad, dirección de los vientos, vías de acceso, topografía y tamaño; en consecuencia de lo anterior, se diseñó el relleno sanitario para ser implementado en un área ubicada en el sector La Fragua de la colonia Tierra Nueva I. El diseño de la recolección y transporte de desechos sólidos se efectuó aplicando el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala el cual –dentro de otros resultados- estableció que el tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes con camión de capacidad de 18 mts<sup>3</sup>.

En el estudio financiero se determinó la rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto (Q 414,916.68 en inversión); se estableció que el proyecto presenta un valor actual neto financiero de Q 214,878.8, una tasa interna de retorno de 21.15% y una relación financiera B/C de 1.462. Estos resultados demuestran la viabilidad financiera del proyecto.

En cuanto a los aspectos legales y administrativos no se encontró un obstáculo real que impida o limite la ejecución del proyecto.

En general, el proyecto es viable y factible porque -entre otros aspectos al nivel de estudio realizado- tiene alta aceptación en la población, por considerar que coadyuvará al mejoramiento ambiental, más del 50% de las viviendas carece del servicio, el nivel de competitividad es bajo, existe aceptación de las autoridades municipales, los precios de recolección y transporte se han proyectado bajos dadas las condiciones socioeconómicas que afectan al proyecto, el proyecto es auto financiable, los insumos son de origen local y bajo costo y porque en el medio existe la capacidad técnica para su implementación.

## VIII. RECOMENDACIONES

Desarrollar los estudios de caracterización y manejo de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II, como punto de partida para que en conjunto se obtenga una cantidad de desechos superior que haga viable la implementación de una planta de reciclaje, que provoque -dentro de otros beneficios- un manejo de los desechos ambientalmente más adecuado, comercialización de los materiales recuperados y un aumento en la vida útil del relleno sanitario por considerar que recibirá menos cantidad de desechos.

Si el proyecto no se implementa en su etapa de inversión en el corto plazo, se recomienda realizar una evaluación ex ante y actualizar los datos técnicos y financieros del estudio antes de iniciar los trabajos de construcción y preparación del terreno para el relleno sanitario.

Durante la ejecución y operación del relleno sanitario se recomienda implementar las medidas de mitigación de impactos potenciales al ambiente que se han propuesto en este documento y velar por su aplicación. En la medida en que existe mayor control, se tendrá mayor garantía en el cumplimiento del objetivo de elevar los niveles de salud de la población receptora del proyecto.

Desarrollar programas de educación ambiental tendientes a mejorar el ornato público, el manejo de desechos en los lugares de producción (viviendas) y lograr una mayor participación de los vecinos de las colonias Tierra Nueva I y II en la problemática ambiental.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

### 10.1 Documentos

- 10.1.1 Domínguez, Viccelda; Franco, Noriel; Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepequez. ERIS, USAC. 1996.
- 10.1.2 Fair, Geyer y Okun; Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Volumen II, 1a.edición. México, 1971.
- 10.1.3 Giles, Ronald; Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Serie Schaum. 1989.
- 10.1.4 INSIVUMEH. Publicaciones anuales para la Republica de Guatemala. Años 1990 - 1999.
- 10.1.5 Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES); Guía para la presentación de proyectos. Siglo veintiuno editores. 1995.
- 10.1.6 Instituto Nacional de Estadística (INE). Atlas conozcamos Guatemala. INE. Guatemala. 2002.
- 10.1.7 Jaramillo, Jorge; Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. OPS/OMS. Washington. 1991.
- 10.1.8 Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Diagnóstico comunitario del año 2000. Centro de Salud de Tierra Nueva I. Guatemala. 2000.
- 10.1.9 Remenieras, G.; Tratado de hidrología aplicada. Editores Técnicos Asociados, S.A. Mexico, 1994.
- 10.1.10 Sakurai, Kunitoshi; Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. CEPIS/OPS/OMS. 2001.
- 10.1.11 Sakurai, Kunitoshi; Método sencillo del análisis de residuos sólidos. CEPIS/OPS. 2001.
- 10.1.12 Sapag, Nassir y Sapag, Reinaldo; Preparación y Evaluación de Proyectos. 3ª edición, McGraw-Hill, 1995.
- 10.1.13 Szantó, Marcel; Guía para la identificación de proyectos y formulación de estudios de prefactibilidad para el manejo de residuos sólidos urbanos. ILPES, 1996.
- 10.1.14 Taylor, George; Ingeniería Económica, toma de decisiones económicas. Limusa, Noriega editores. México, 1994.
- 10.1.15 Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Eliassen, R.; Desechos Sólidos, principios de ingeniería y administración. GTZ de Alemania.
- 10.1.16 Udpa Opazo F. Y Salinas Cordero S. Uteha; Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública; México, 1969.

10.2 Leyes y reglamentos

10.2.1 Código de Salud. Decreto 90-97

10.2.2 Código Municipal. Decreto Legislativo 12-2002

10.2.3 Constitución Política de la República de Guatemala.

10.2.4 Ley de Contrataciones del Estado. Decreto Legislativo 57-92.

10.2.5 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto Legislativo 68-86.

10.2.6 Reglamento del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y sus Dependencias. Acuerdo Gubernativo 471-84

## X. GLOSARIO DE TERMINOS

**ANAEROBIO(A):** organismo que no precisa un ambiente con oxígeno libre molecular para desarrollar su metabolismo.

**BIODEGRADABLE:** Substancias que pueden ser transformadas en otras químicamente más sencillas.

**CLASIFICACION:** separar residuos en grupos de materias similares, como productos de papel, vidrio, residuos de comida y metales. También se usa para describir la selección adicional de materias en categorías más específicas, como vidrio transparente y vidrio oscuro. La separación se puede hacer manualmente o mecánicamente, con equipo especializado.

**COMPOSTAJE O COMPOST:** es el proceso mediante el cual los desechos orgánicos son reutilizados como insumos para la producción de abono orgánico a través de la lombricultura.

**DESECHOS SÓLIDOS:** todo residuo sólido o semi-sólido que carece de valor para su inmediato poseedor, con excepción de excretas de origen humano o animal. Están comprendidos en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros.

**DISPOSICIÓN FINAL:** es la última actividad operacional del servicio de aseo urbano, mediante la cual las basuras son descargadas en forma definitiva.

**ECUACIÓN DE TALBOT:** ecuación matemática utilizada para medir la intensidad de lluvia, su resultado es de una velocidad. Esta ecuación varía en función del area geográfica de aplicación. Para la Meseta Central de Guatemala, la fórmula aplicada es  $I=4204/(t+23)$ , en donde; I es el resultado expresado en mm/hora y t es el tiempo de escorrentía expresado en minutos.

**EVALUACION:** conjunto de antecedentes justificatorios en donde se establecen las ventajas y desventajas que significa la asignación de recursos a una determinada idea o a un objetivo determinado. Medir la rentabilidad y su importancia se sitúa en proporcionar información a quienes deben tomar decisiones. Predice efectos esperados para mañana.

**EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS:** comparación de los beneficios y costos que una determinada inversión pueda tener para la comunidad de un país en su conjunto. Se trabajo con precios sombra o sociales.

**FACTIBILIDAD:** posibilidad de realizar algo desde el punto de vista técnico

**FUENTES PRIMARIAS DE INFORMACIÓN:** son las fuentes más cercanas a la realidad, utilizadas generalmente en etapas avanzadas de la formulación del proyecto como la prefactibilidad y factibilidad.

**FUENTES SECUNDARIAS DE INFORMACION:** son las fuentes que en el ámbito estadístico manejan información general o a nivel macro. Se utiliza la información proveniente de estas fuentes generalmente en el nivel de idea y perfil de la formulación del proyecto. Para algunos estudios se opta por utilizar información de estas fuentes de manera definitiva y en consecuencia se quedan en estos



niveles, en consideración de que el costo de depurar datos no es compensado por los beneficios que brinda la calidad de la información de fuentes primarias.

**MERCADO:** lo conforman la totalidad de los compradores y vendedores potenciales del producto o servicio que se vaya a elaborar con el proyecto

**LIXIVIADO:** es el líquido que percolado a través de los desechos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos. La infiltración de una fracción de la precipitación pluvial es el principal generador del lixiviado en los rellenos sanitarios y en los botaderos de basura. Otros contribuyentes a la cantidad de lixiviado son el contenido de humedad propia de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.

**MATERIAL DE COBERTURA:** tierra u otro material de fácil adquisición utilizado para cubrir los desechos compactados en las celdas de un relleno sanitario. La cobertura se realiza cada vez que en el lugar de implementación del relleno sanitario se reciben desechos sólidos.

**METANO:** gas incoloro, inodoro e insípido, casi insoluble en agua, que arde con llama poco luminosa y que con el aire forma mezclas explosivas (grisú). Se forma por fermentación anaerobia de la celulosa, en el fondo cenagoso de los pantanos (gas de los pantanos) y en las minas de carbón. Se utiliza como combustible y como materia prima para la obtención de diversos productos.

**MONITOREO:** procedimiento mediante el cual verificamos la eficiencia y eficacia de la ejecución de un proyecto mediante la identificación de sus logros y debilidades y en consecuencia, recomendamos medidas correctivas para optimizar los resultados esperados del proyecto.

**OPORTUNIDADES:** constituyen los elementos favorables al proyecto: política económica de desarrollo hacia adentro, demanda insatisfecha, incentivos gubernamentales, ventajas comparativas con el resto de la industria, experiencia, etc.

**PERMEABILIDAD:** se define como la velocidad del flujo de agua en el suelo bajo un gradiente hidráulico unitario. La dimensión de la permeabilidad es la de una velocidad, ya que su dimensión es la longitud dividida por el tiempo.

**PRECIPITACIÓN:** es el agua atmosférica que cae al suelo en estado líquido o sólido, tal como la lluvia, nieve y granizo. La intensidad y frecuencia de la precipitación deben ser previstas en la construcción del relleno sanitario, para adoptar las dimensiones apropiadas de los sistemas de drenaje.

**PROYECTO:**

- Búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tienda a resolver, entre tantas, una necesidad humana.
- Un proceso cuyos insumos son recursos de variada índole, y que proporciona productos, bienes o servicios que satisfacen una necesidad determinada dentro de un contexto de planes, estrategias y programas. No se circunscribe a una fase de estudios o a una ejecución, sino que abarca toda una vida, que inicia desde su concepción como ideas de satisfacción de necesidades hasta la operación regular.

PREINVERSION: son los estudios previos a la fase de inversión; esta determinada en dos etapas:

- Preparación del proyecto: determina la magnitud de la inversión, costos y beneficios.
- Evaluación del proyecto: medir la rentabilidad de la inversión

RECICLAJE: es el proceso mediante el cual ciertos materiales de las basuras se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.

REUSO: es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

SANEAMIENTO: control de todos los factores del ambiente físico del hombre que ejercen o pueden ejercer un efecto pernicioso en su desarrollo físico, su salud y su supervivencia.

SEGMENTACION: agrupación de consumidores de acuerdo con algún comportamiento similar en el acto de compra. Reconoce que el mercado consumidor está compuesto por individuos con ingresos, lugar de residencia, educación, edad, sexo diferente, lo que los hace tener necesidades y deseos distintos.

TRATAMIENTO: es el proceso de transformación físico, químico o biológico de los desechos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios económicos, reduciendo o eliminando efectos nocivos al hombre o al medio ambiente.

TRIQUINOSIS: enfermedad provocada por la triquina, cuyos embriones se fijan en los músculos estriados, donde se enquistan. La infestación tiene lugar por el consumo de carne cruda de cerdo parasitado. Cursa con fiebre, edema en párpados superiores, hemorragias, dolores musculares y postración.

VIDA UTIL: es el periodo de tiempo en que el relleno sanitario estará apto para recibir basura continuamente. El volumen disponible para rellenar, es el que habrá entre la superficie original del terreno, después de su preparación para empezar a recibir basura, y la superficie final del proyecto.

VIABILIDAD: posibilidad de realizar algo desde el punto de vista financiero. Intenta simular con el máximo de precisión lo que le sucederá al proyecto si fuese implementado.

VIABILIDAD TECNICA: indicará las posibilidades materiales, físicas y químicas de producir un bien o servicio.

VIABILIDAD DE GESTION: indicara la capacidad administrativa para emprenderlo, definirá si existen las condiciones mínimas para la implementación estructural y funcional, estimara la rentabilidad de la inversión y capacidad de gestión

VOLUMEN APARENTE: es el volumen que presentan los desechos sólidos antes de ser sometidos a compactación.

# ANEXOS

**ANEXO 1: MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES**

**ANEXO 2: PLANOS DEL RELLENO SANITARIO**

Plano1/6: plano de registro

Plano2/6: curvas de nivel

Plano3/6: planta y perfil del relleno sanitario

Plano4/6: distribución de celdas y chimeneas

Plano5/6: detalle de drenajes, lixiviados, pluvial y de gases

Plano6/6: plano de planta, perfil y secciones de obra civil



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem with a textured, halftone-like background. It features a central shield with a crown on top, surrounded by a circular border containing the university's name in Spanish: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA".

# Estudio de Factibilidad para el Manejo de Desechos Sólidos Domiciliars en las colonias Tierra Nueva I Y II de Chinautla departamento de Guatemala

Informe final de tesis para la obtención del grado de Maestro en Formulación y Evaluación de Proyectos, con base en el Normativo para la Elaboración de la Tesis de Grado y Examen General de Graduación de la Escuela de Estudios de Postgrado del 4 de febrero de 1993.

Asesor:  
Ing. MSc. Álvaro Guillermo Solano Ponciano

Postulantes:  
Lic. Jorge Alejandro Batres Quevedo  
Lic. Pedro Guillermo Jayes Reyes  
Ing. Gonzalo Del Cid Pérez

Guatemala, junio de 2003

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Lic. Eduardo Antonio Velásquez Carrera
Secretario	Lic. Rolando de Jesús Oliva Alonzo
Vocal Segundo	Lic. Alvaro Joel Girón Barahona
Vocal Tercero	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal Cuarto	PMP Juan Francisco Moreno Murphy
Vocal Quinto	P.C. Deiby Boanerges Ramirez Valenzuela

AUTORIDADES ESCUELA  
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Director	MSc. César Adrián Linares
Coordinador de Maestría	MA. Maynor Vinicio Cabrera Formulación y Evaluación de Proyectos

## CONTENIDO

TEMAS	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	i
RESUMEN EJECUTIVO	iii
I. INFORMACION DEL PROYECTO	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3. JUSTIFICACION	2
1.4. OBJETIVOS	5
1.5. ANALISIS DE OPCIONES	5
1.6. MATRIZ DEL PROYECTO	7
1.7. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	8
II. ESTUDIO DE MERCADO	15
2.1. EL SERVICIO EN EL MERCADO	15
2.2. AREA DEL MERCADO PARA LA PRESTACION DEL SERVICIO	15
2.3. ANALISIS DE LA DEMANDA	18
2.4. ANALISIS DE LA OFERTA	24
2.5. ANALISIS DE PRECIOS	24
2.6. ANALISIS DE COMERCIALIZACION	26
III. ESTUDIO TECNICO	27
3.1. TAMAÑO	27
3.2. LOCALIZACION	29
3.3. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS	29
3.4. DISEÑO	30
3.5. CALENDARIZACION DE ACTIVIDADES	34
3.6. ANALISIS DE COSTOS	35
IV. ESTUDIO FINANCIERO	41
4.1. INVERSION	41
4.2. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO	42
4.3. INGRESOS	42
4.4. ESTADO DE RESULTADOS	43
4.5. EVALUACION FINANCIERA	43
4.6. ANALISIS DE SENSIBILIDAD	43
V. ASPECTOS AMBIENTALES	51
6.1. IDENTIFICACION DE IMPACTOS POTENCIALES AL MEDIO AFECTADO	51
6.2. MEDIDAS DE MITIGACION	51
6.3. OPINION DE LA POBLACIÓN CON REFERENCIA AL PROYECTO	52

VII.	ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	53
7.1	ASPECTOS LEGALES	53
7.2	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	54
VIII.	CONCLUSIONES	60
IX.	RECOMENDACIONES	61
X.	BIBLIOGRAFIA	62
10.1	DOCUMENTOS	62
10.2	LEYES Y REGLAMENTOS	63
XI.	GLOSARIO DE TERMINOS	64
XII.	INDICE DE ANEXOS	67



## INTRODUCCIÓN

Los procesos acelerados de urbanización que enfrentan las ciudades ha provocado graves problemas de contaminación en países subdesarrollados, principalmente en los cinturones de pobreza que se concentran en sus alrededores, en donde el manejo de desechos sólidos es sumamente deficiente; los riesgos epidémicos para la salud que esto provoca, acentúa la exposición a catástrofes prevenibles en éstas comunidades. Si a esta situación particular agregamos la vulnerabilidad provocada por situaciones de pobreza y extrema pobreza que caracteriza la vida en estas comunidades y su consecuente precariedad e insuficiencia en la prestación de servicios básicos, estaremos frente a una grave problemática, que de nos ser enfrentada y resuelta provocaría daños irreparables, que pudieran ser prevenidos.

El estudio de preinversión del proyecto "MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN LAS COLONIAS TIERRA NUEVA I Y II DEL MUNICIPIO DE CHINAUTLA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA", se inscribe en el marco de la búsqueda de soluciones que en el largo plazo, logren cambios sostenibles y reviertan este proceso de contaminación ambiental en comunidades marginales pobres; en términos generales la fórmula de la solución propuesta abarca la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos domiciliarios en un relleno sanitario, en las comunidades referidas.

Esta claro que las acciones que se dediquen de manera remedial a resolver los efectos de esta problemática y no se propongan enfrentar las causas profundas de la problemática, no contribuirán de manera sostenida a mejorar los niveles de salud de los habitantes de las colonias, objetivo general de este proyecto y a reducir los riesgos ya mencionados. Una solución integral debería de procurar la mitigación de los impactos negativos ocasionados en el ambiente por la producción de desechos sólidos domiciliarios por un lado, pero por otro debería de identificar y enfrentar las condiciones que los posibilitan. Este fue el marco de la discusión que orientó el análisis de opciones de éste proyecto, que considerando las tecnologías disponibles, la cantidad y composición de los desechos sólidos, así como su adaptabilidad a las condiciones en el área a atender, concluyó en ésta propuesta de proyecto.

A continuación se refiere cada uno de los elementos constitutivos del presente documento; no esta de más advertir que en la medida que se haga una lectura integral de la propuesta, podrán comprenderse las bondades de la misma y apreciar su utilidad en el corto y largo plazo, dado que se propone como una solución creativa al problema, que involucre activamente a la población beneficiada.

Bajo el primer numeral se agrupa la información descriptiva más general del proyecto: antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivos y los análisis metodológicos que permitieron seleccionar la alternativa que sirvió como base de diseño de ésta propuesta; resulta importante señalar que estas secciones posibilitaron la consistencia del proyecto, al constituirse en orientaciones metodológicas y conceptuales que enriquecieron el procedimiento técnico de elaboración de proyectos.

Una vez se explicaron amplia y razonadamente las bases del proyecto, se precedió a desarrollar cada una de sus partes técnicas; la primera de ellas es el Estudio de Mercado que recoge un análisis del comportamiento de mercado del proyecto en términos de su oferta y demanda, precio y comercialización; por su naturaleza social y de servicio; el numeral dos que agrupo estos análisis se constituye a través de un lenguaje propio y adecuado, de acuerdo a lo que en opinión de los autores permita identificar las bondades de la propuesta. Los cálculos concretos del comportamiento de la oferta y demanda, precio y comercialización se sintetizan en la ficha de identificación, al igual que otros indicadores numéricos; en su conjunto estos cálculos demuestran que el proyecto es viable y oportuno.

La tercera sección refiere los elementos técnicos que se tomaron en cuenta para diseñar la propuesta: tamaño, localización, manejo, diseño, calendarización y análisis de costos; esta fase permitió

cuantificar los costos técnicos que implicaba el proyecto, al mismo tiempo que preciso aquellos elementos técnicos que lo harían funcional.

El estudio financiero que prosigue en el numeral cuarto precisa todos aquellos elementos que, en términos financieros definen la viabilidad del proyecto: inversión, costo de funcionamiento, ingresos, estado de resultados, evaluación financiera y análisis de sensibilidad; los indicadores financieros básicos: VANf, TIRf y relación beneficio costo dan cuenta de las posibilidades financieras que tiene el proyecto y resaltan su rentabilidad, independientemente de su naturaleza social y de servicio.

Los numerales cinco y seis hacen una referencia muy breve sobre aspectos ambientales y administrativo - legales respectivamente; por la naturaleza de proyecto estos no debieron extenderse más allá de cuestiones básicas, pero que resultaron ser fundamentales para la propuesta. Los últimos numerales reúnen los aspectos concluyentes y de soporte del proyecto: conclusiones, recomendaciones, bibliografía, glosario y anexos.

La condiciones de salud de la comunidad y el deterioro del entorno, surgen ante la falta de implementación de un programa integral que abarque proyectos –además del presente- de tratamiento de aguas servidas, reforestación de las áreas susceptibles de erosión de suelos, control sobre la emisión de gases, entre otros. En este sentido, las mejoras en la salud de los habitantes no serían consecuencia exclusiva del proyecto de manejo de desechos sólidos, por lo tanto, un análisis económico social del mismo daría parámetros parciales que en función de utilidad no compensarían el gasto de recursos para llevarlo a cabo y resultaría beneficioso hacer un análisis económico a un conjunto de proyectos que integren el saneamiento básico en el área de influencia del proyecto.

El proyecto se inscribe en el marco de proyectos sociales y de servicio, que son motivados por la urgente de necesidad de enfrentar problemáticas específicas que ponen en riesgo la ya precaria salud de los grupos poblacionales más pobres. Debe apreciarse el hecho de que toda la tecnología de proyectos puede disponerse a tareas como la presente y esto redundará en beneficios socioeconómicos y ambientales para la sociedad en su conjunto y de forma directa en las comunidades más necesitadas.

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se estructura con dos componentes: recolección y transporte; y relleno sanitario. El componente de recolección y transporte se diseñó adoptando el método de recolección de la Municipalidad de Guatemala y su componente de relleno sanitario se implementará a través del método de área, que consiste en la preparación del terreno con drenaje para el líquido percolado y drenaje de gases y el relleno por medio de celdas las cuales se conformarán por capas<sup>7/</sup>.

Los beneficios esperados consisten en mejorar los niveles de salud de las familias beneficiarias, además de los ingresos que generará el componente de recolección y transporte, que hace que el proyecto se estime auto financiable. Se ha considerado para su implementación una inversión de Q414,916.68 que generará un valor actual neto estimado de Q214,878.80 durante un horizonte proyectado a 10 años plazo.

El área de influencia del proyecto abarca las colonias Tierra Nueva I y II del municipio de Chinautla, se ubica al norte de la ciudad de Guatemala y al occidente de la cabecera municipal; el área poblada es de topografía plana y semi plana y rodeada de terrenos con pendientes muy pronunciadas que en la actualidad se encuentran convertidos en botaderos de basura, con suelo arenoso y muy vulnerable a la erosión. El acceso principal al área de influencia del proyecto es por medio de carretera vehicular, ubicada al lado sur de las colonias.

El ingreso familiar oscila alrededor del salario mínimo; un 8.9 % de la población económicamente activa son empleados públicos y privados, el porcentaje restante se dedica a la carpintería, albañilería, mecánica u otros oficios artesanales no dependientes.

Las colonias mencionadas tienen un desarrollo urbano no sostenible, con servicios básicos deficientes; su población actual es de 15,505 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 2.21%. En el área no existen fábricas, ni áreas utilizadas para la agricultura, las áreas planas y semiplanas están siendo usadas en su mayoría para viviendas.

Las colonias en referencia cuentan con servicios de electricidad, drenaje sanitario y agua potable, éste último en forma muy deficiente; otros servicios públicos son los brindados por el Centro de Salud local. El área refleja los efectos típicos de las áreas de desarrollo humano no sostenible en las cuales se carece de vegetación y la basura y las aguas residuales no tienen un adecuado manejo y tratamiento, provocando malas condiciones ambientales que hacen que en estas áreas se deteriore la salud de sus habitantes. Para coordinar acciones de desarrollo local, la comunidad se ha organizado en comité de vecinos.

El proyecto se plantea como objetivo general mejorar los niveles de salud de los habitantes en el área de influencia, y por su naturaleza se enmarca dentro de los programas de saneamiento básico. Su fase de preinversión ha consistido en la elaboración de estudios de mercado, técnico, financiero; aspectos económicos, ambientales administrativos y legales. Dichos estudios concluyen que existe demanda para el proyecto, pues solo el 46 % de la misma es atendida actualmente; por otro lado, en el medio existen las condiciones técnicas para poder ser implementado.

La alternativa de solución se determinó en la implementación de un sistema de recolección y transporte, y un relleno sanitario para la disposición final de los desechos sólidos; finalmente, cabe mencionar que los indicadores financieros de esta propuesta: valor actual neto y tasa interna de retorno son positivos para el proyecto lo que le da viabilidad financiera.

---

<sup>7/</sup> *La descripción de estos métodos se detallan en el estudio técnico de este proyecto.*

En el estudio de mercado se realizó la encuesta del proyecto por medio de la cual se determinó que existe demanda para el proyecto (más del 50 % de la población carece del servicio de recolección y transporte); la demanda actualmente atendida con este servicio es del 46.34%. En este estudio se realizó un muestreo que a partir de su análisis se caracterizaron los desechos sólidos domiciliarios que dieron como resultado 72.60% de desecho orgánico, 13.10% en desechos plásticos, 13.03% en desechos de papel, 1.11% de vidrio y 0.15% de metales; con el mismo muestreo se determinó una producción de desechos de 2.54 toneladas diarias (928 toneladas anuales).

En el estudio técnico se estableció que las colonias Tierra Nueva I y II manifiestan una baja producción de desechos sólidos (2.54 toneladas por día según estudio de mercado) lo que por sí solo no justifica la implementación de una planta de reciclaje para la recuperación de los materiales comercializables. Se requiere el aporte de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II para lograr la rentabilidad económica de la instalación y operación. La condición anterior se convirtió en el factor determinante en la toma de decisión para la alternativa técnica viable de disposición final de los desechos sólidos en un relleno sanitario. En cuanto a la composición de los desechos, los desechos orgánicos representan el mayor porcentaje (72.60%) condición que al momento de implementar una planta de reciclaje podría hacer viable la implementación de una planta de compostaje. El tamaño del relleno sanitario se estimó con base en la cantidad de desechos generados durante el horizonte del proyecto (10 años) resultando en un volumen de 21,849.25 metros cúbicos. La alternativa de localización se determinó ponderando diferentes áreas en función de su distancia a la comunidad, dirección de los vientos, vías de acceso, topografía y tamaño; en consecuencia de lo anterior, se diseñó el relleno sanitario para ser implementado en un área ubicada en el sector La Fragua de la colonia Tierra Nueva I. El diseño de la recolección y transporte de desechos sólidos se efectuó aplicando el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala, el cual –dentro de otros resultados– estableció que el tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes con camión de capacidad de 18 metros cúbicos.

En el estudio financiero se determinó que la maximización de ingresos del proyecto, corresponde a una demanda que representa el 56.10% de la demanda total que se da cuando se fija un precio de Q15.00 mensuales, sin embargo, se fijó para el proyecto una cuota mensual de Q10.00 por considerarla cercana a la maximización de ingresos y que atiende una demanda significativa del 80.49% de la demanda total. En este estudio también se determinó rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto (Q414,916.68 en inversión); se estableció que el proyecto presenta un valor actual neto financiero de Q214,878.80, una tasa interna de retorno de 21.15% y una relación financiera beneficio/costo de 1.462. Estos resultados demuestran la viabilidad financiera del proyecto.

En general, el proyecto es viable y factible porque -entre otros aspectos al nivel de estudio realizado- tiene alta aceptación en la población por considerar que coadyuvara al mejoramiento ambiental, más del 50% de las viviendas carece del servicio, el nivel de competitividad es bajo, existe aceptación de las autoridades municipales, los precios de recolección y transporte se han proyectado bajos dadas las condiciones socioeconómicas que afectan al proyecto, el proyecto es auto financiable, los insumos son de origen local y bajo costo y porque en el medio existe la capacidad técnica para su implementación.

## I. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 Municipio de Chinautla

#### 1.1.1 Ubicación:

El municipio de Chinautla (INE, 2002) se encuentra situado en la parte norte del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 42' 00" y en la longitud 90° 30' 05". Limita al Norte con el municipio de Chuarrancho (Guatemala); al Sur con el municipio de Guatemala (Guatemala); al Este con el municipio de San Pedro Ayampuc (Guatemala); y al Oeste con los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez y San Raimundo (Guatemala). Cuenta con una extensión territorial de 56 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 1,220 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 12 Kms. de la cabecera departamental de Guatemala.

#### 1.1.2 Datos históricos:

También conocida como Santa Cruz Chinautla o Chinautla, su nombre procede etimológicamente de "Jute de Agua Caliente", que viene de la lengua pocomam xinal = agua caliente; y de jutla = jute o caracol de agua; otra posibilidad es que proceda del nahuatl Chicunauh-tla plural del numeral chicunahui, que significa nueve.

El municipio de Chinautla fue fundado el 21 de mayo de 1,723, cuando Don Pedro de Alvarado redujo por las armas en 1526 al numeroso y aguerrido pueblo de Mixco. Situado entonces en el valle de Xilótepec, entre los ríos Pixcayá y Motagua, y que se había sublevado con todos los demás del recién conquistado territorio, figuraron como aliados de los mixqueños los que se conocían como de "Chignautla"; habitantes de la comarca que se extiende al otro lado del río Grande o Motagua, poblada de hombres de raza Pocomam. Estos pelearon contra los conquistadores, pero fueron vencidos y poco después de retirarse a su pueblo, enviaron varios emisarios a Alvarado, con presentes de plumas y oro, siendo llevados al lugar en donde se encuentra el actual pueblo, que se conoció como Santa Cruz de Chinautla.

Este municipio está integrado por dos asentamientos, la antigua Chinautla, que es la población tradicional y la Nueva Chinautla, que se formó después del terremoto de 1976, ubicada en un sector de Jocotales, al que corresponden las colonias Tierra Nueva I y II.

#### 1.1.3 Costumbres y tradiciones:

Su fiesta titular se celebra del 4 al 9 de diciembre en honor al Niño de Atocha. Durante la cual se realizan los bailes folklóricos de los moros y extremeño.

#### 1.1.4 Idioma:

Se habla el español y el idioma maya predominante es el Pocomam.

#### 1.1.5 Economía:

La economía del municipio, especialmente en el área tradicional, se basa en la agricultura, hatos lecheros de pequeña producción, crianza de equinos y porcinos en menor escala, así como la avicultura, industria de elaboración de carbón, explotación de los bosques y extracción de materiales de construcción.

Una de las artesanías más importantes que identifica a la comunidad es su alfarería blanca y roja, con una tradición de siglos y elaborada por mujeres indígenas.

#### 1.1.6 Centros turísticos y arqueológicos:

Cuenta con dos piscinas, una municipal y la otra particular conocidas como Baños San José. En este municipio se encuentran los centros arqueológicos de: Cimientos, Chinautla, Guías, Lehnsen, San Antonio Las Flores y San Rafael Las Flores.

#### 1.1.7 Hidrografía:

Está bañado por los ríos de: Las Vacas y Chinautla; tiene las quebradas de: Agua Tibia, El Juez y La Tuna; además cuenta con la laguneta de Nacahuil.

#### 1.1.8 Puestos de salud:

Un Centro de Salud en San Julián, Nueva Chinautla; y Puestos de Salud en: el Durazno, Colonia 6 de Marzo, San Antonio Las Flores, Santa Cruz Chinautla, Tierra Nueva I y II.

#### 1.1.9 Estación de policía:

Cuenta con dos Subestaciones, una ubicada en la Avenida Alta Verapaz, lote 47, Colonia Santa Luisa, Zona 6 y la otra en la Colonia Tierra Nueva I; ambas pertenecen a la Comisaría No. 12.

#### 1.1.10 Orografía:

En este municipio se encuentran las montañas de: El Malacate, Las Trinitarias y Valenzuela; y el cerro Nacahuil

#### 1.1.11 Geología:

Según análisis de la composición de los suelos, éstos en su mayoría están formados por arena blanca, sedimento volcánico y roca desprendida.

La Gráfica No. 1 muestra el mapa de la república de Guatemala, la ubicación del Departamento de Guatemala y dentro de éste último el Municipio de Chinautla.

Gráfica 1  
Ubicaciones cartográficas del área de impacto del estudio



## 1.2 Antecedentes

Los problemas ocasionados por la producción de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II han sido atendido por la Municipalidad de Chinautla desde 1997 de forma directa y de forma indirecta a través de empresas contratadas para el efecto; hasta finales de 1999 el cobro por prestación del servicio se incluía como tarifa especial agregado al cobro del servicio de agua potable.

Con el cambio de autoridades municipales, en enero de 2000 se autorizó a una empresa particular la prestación del servicio, el cobro se independizó y en consecuencia el número de usuarios se redujo considerablemente: según el Centro de Salud de Tierra Nueva I, el porcentaje de usuarios del servicio de recolección de basura disminuyó de 88% en 1999 a 46% para el año 2000, debido al alto costo que representó para ellos (Q20.00 por vivienda por mes).

En la medida en que no todos los vecinos pagan el servicio por su precio, por su irregularidad, o porque simplemente no cubre áreas de difícil acceso, se han vuelto a crear botaderos de residuos no controlados.

El área habitada de las colonias Tierra Nueva I y II está rodeada por barrancos que conjugado al hacinamiento en que vive la población, hacen de la región un sector vulnerable a catástrofes naturales y enfermedades epidémicas. De acuerdo al Diagnóstico Comunitario del año 2000, realizado por el Centro de Salud de Tierra Nueva I las instituciones de salud han iniciado con grupos de la comunidad y alcaldía auxiliar un plan preventivo, que entre otras acciones incluye el Saneamiento Ambiental.

### 1.3 Planteamiento del problema

#### 1.3.1 Fundamentación

El uso de la tierra y sus recursos es parte de la necesaria sobrevivencia humana, derivado de ese uso se producen entre otros efectos los desechos sólidos o basuras que inciden en la contaminación del medio ambiente y sus consecuentes efectos negativos sobre la salud, a través de la polución del aire, suelo y los recursos hídricos. La contaminación en el ambiente tiene un efecto adverso sobre el valor de los bienes inmuebles, crea molestias publicas y dicho de una manera mas general "interfiere en la vida y desarrollo saludable de la comunidad".

#### 1.2.2 Sistematización

Tomando en cuenta que el área a atender padece de estos efectos, se formula la pregunta sobre cuál es la solución – aplicable en la actualidad – a los problemas ocasionados por la producción de desechos sólidos en las colonias Tierra Nueva I y II y sus asentamientos; la cual se sistematiza en: ¿cómo debe ser el tratamiento en las viviendas, cómo se debe recolectar, transportar y disponer los desechos?

### 1.4 Justificación

En la actualidad existen alrededor de 320 asentamientos precarios en la periferia de la ciudad de Guatemala, que en su mayoría han surgido por la combinación de múltiples factores económicos, sociales, políticos y catástrofes naturales: empobrecimiento, migraciones forzadas por el reciente conflicto armado interno, migraciones económicas y fenómenos naturales, como el terremoto de 1976 por ejemplo, que dio origen a la Colonia Tierra Nueva I y II.

En la mayoría de los casos los habitantes de las comunidades que componen este cinturón de pobreza, han invadido áreas de propiedad privada o del Estado, aceptando vivir en condiciones de pobreza y pobreza extrema: con deficientes servicios básicos, expuestos a múltiples riesgos de salud y condiciones de hacinamiento que vulneran su condición humana; la contaminación ambiental producida por un inapropiado manejo de las sustancias contaminantes y un crecimiento humano no sostenido es típico en estas comunidades.

Para el caso del área geográfica considerada y de acuerdo a los datos obtenidos en el Estudio de Mercado de ésta propuesta, sólo el 46 % de la población es atendida con servicio de recolección de basura y no se tiene un área definida o autorizada para su tratamiento o disposición final, lo que provoca que surjan basureros clandestinos; en la mayoría de viviendas donde se producen los desechos existe un inadecuado almacenamiento o acondicionamiento de la basura, pues no se consideran aspectos sanitarios y de bienestar, esto provoca - entre otros efectos - la proliferación de roedores e insectos, se advierten focos de epidemias y se crean condiciones inadecuadas para el desarrollo de actividades productivas.

Las condiciones de vulnerabilidad provocadas por la pobreza y extrema pobreza en las Colonias Tierra Nueva I y II, sumadas al riesgo permanente que crea la contaminación ambiental para la salud mental y física de sus habitantes, puede ser ocasión de múltiples catástrofes prevenibles; en virtud de lo anterior el desarrollo de la presente propuesta permitiría, entre otras cosas el manejo



apropiado de desechos sólidos domiciliarios, enfrentando y resolviendo la problemática en el largo plazo, desde sus causas fundamentales y no desde su efectos marginales (basura, contaminación, insalubridad, etc.) que se derivan de ella.

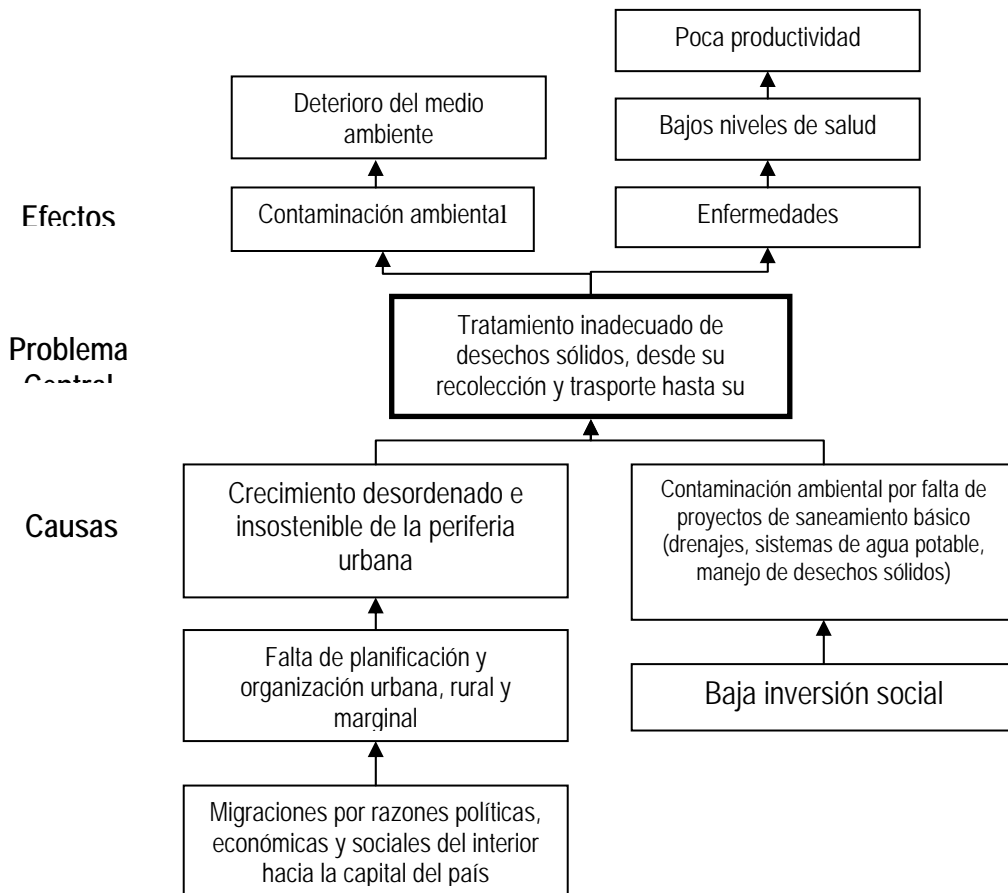
El "Estudio de factibilidad para el manejo de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II de Chinautla departamento de Guatemala" comprende la implementación de un sistema de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos, que junto a otros proyectos situados dentro de los programas de saneamiento básico (drenajes, sistemas de agua potable, etc.), permitirán mejoras en el ambiente y la salubridad en las comunidades beneficiarias.

## 1.5 Análisis metodológico

### 1.5.1 Árbol de problemas

Por medio de la metodología del marco lógico, se elaboró un árbol de problemas, que presenta de manera sintética, coherente y ordenada la problemática de la comunidad, y entre ella la ubicación del problema abordado por esta propuesta (ver diagrama 1).

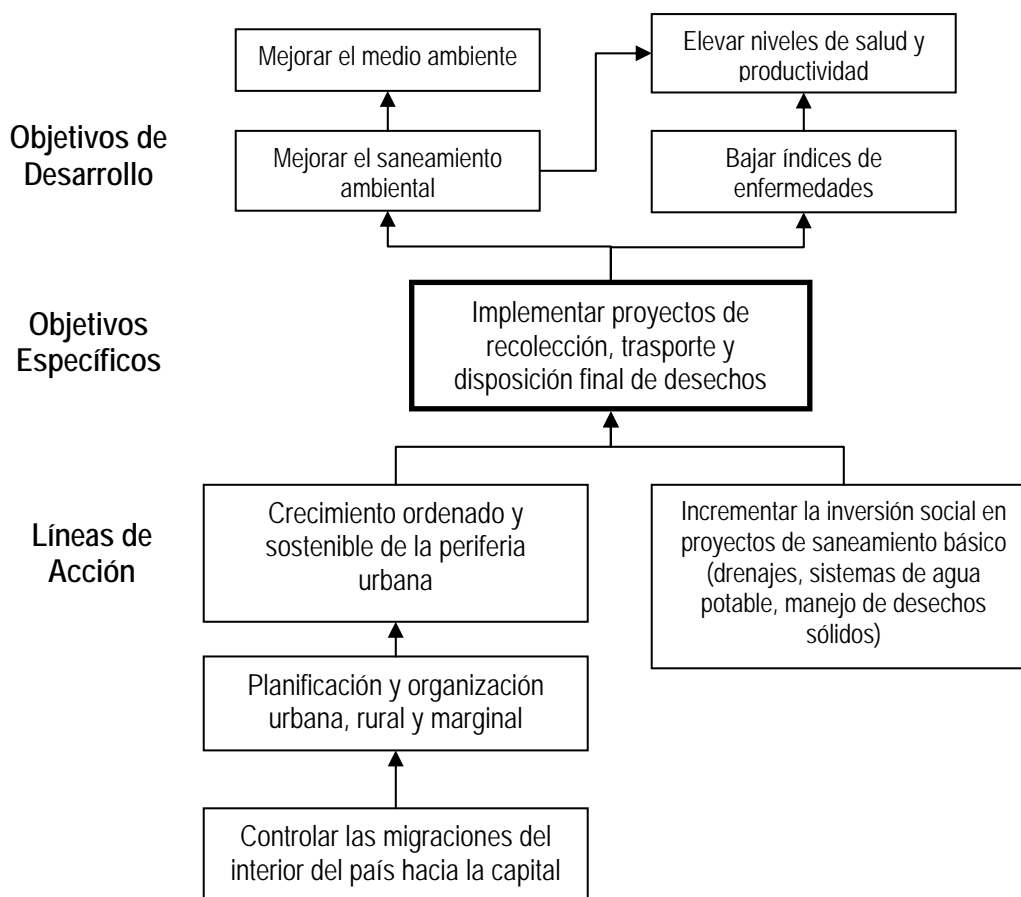
DIAGRAMA 1  
Tierra Nueva I y II  
ÁRBOL DE PROBLEMAS



## 1.5.2 Árbol de objetivos

Siguiendo la metodología del marco lógico y para seleccionar la mejor alternativa para el proyecto, se elaboro el siguiente árbol de objetivos (ver diagrama 2).

DIAGRAMA 2  
Tierra Nueva I y II  
ÁRBOL DE OBJETIVOS



## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo de desarrollo

Elevar los niveles de salud de la población a través de la implementación de un sistema de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos que tienda a mitigar el impacto ambiental ocasionado por la producción de los mismos.

## 1.6.2 Objetivos específicos

1.6.2.1 Promover una cultura de no desecho y de un adecuado almacenamiento o acondicionamiento y tratamiento de desechos sólidos en los lugares donde se producen a través de campañas y acciones específicas.

1.6.2.2 Establecer el área y las condiciones para implementar un relleno sanitario para la disposición final de desechos sólidos que permita un manejo ambientalmente adecuado.

## 1.7 Análisis de opciones

El problema de los Desechos Sólidos es muy complejo, y no permite tratamientos parciales, como se ha estado dando hasta la fecha; es necesario promover su manejo desde su producción, recolección, transporte, hasta su disposición.

Para la elaboración del estudio se consideraron las siguientes opciones:

1.7.1 Opción 1: Recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios en un relleno sanitario: consiste en recolectar, transportar y disponer de los desechos sólidos concentrando el 100 % de los mismos en un relleno sanitario.

1.7.2 Opción 2: Recolección, transporte, clasificación y disposición final de desechos sólidos en una planta de compostaje y en un relleno sanitario: Consiste en recolectar, transportar y clasificar los desechos sólidos, en orgánicos para su tratamiento en una planta de compostaje e inorgánicos para su disposición final en un relleno sanitario.

1.7.3 Opción 3: Recolección, transporte, clasificación y disposición final de desechos sólidos en una planta de compostaje, en un relleno sanitario y almacenamiento-comercialización del material de reciclaje: consiste en recolectar, transportar y clasificar los desechos sólidos, en orgánicos para su disposición en una planta de compostaje e inorgánicos los que a su vez se clasificarán en no aprovechables para su disposición en un relleno sanitario y aprovechables para su almacenamiento y comercialización como material de reciclaje.

En el análisis de opciones se tomó en consideración las dificultades que se han presentado en la implementación de este tipo de proyectos, básicamente manifestadas en las siguientes consideraciones:

- i. Que no se dé la clasificación y en consecuencia que el relleno sanitario se utilice para disponer de la totalidad de desechos sólidos.
- ii. Que los desechos no tengan una adecuada clasificación y en consecuencia una mala distribución en sus componentes.
- iii. Que el personal de operación no esté capacitado adecuadamente.

- iv. Que la administración en la etapa de operación del proyecto se base más en intereses políticos o en las costumbres del medio para el manejo de los desechos y no tome en cuenta el estudio de preinversión.
- v. Agregado a lo anterior, se tomaron como elementos de análisis fundamentalmente la cantidad de los desechos sólidos que actualmente se genera a diario de aproximadamente 2.54 toneladas métricas por día (2,542.82 Kg./día: ver Análisis de Muestras); de esa cuenta se descartaron las opciones 2 y 3 al considerar que la cantidad de desechos no representaba una cantidad significativa para implementar una clasificación y en consecuencia la comercialización de material de reciclaje y una planta de compostaje, por lo que aún con el alto porcentaje de desecho orgánico producido, se desechó dicha posibilidad (72.60 % de desecho orgánico: ver Cuadro 4 y Gráfico 2). La Guía para la identificación de proyectos y formulación de estudios de prefactibilidad para el manejo de residuos sólidos urbanos, del Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social recomienda una producción mínima de 40 toneladas por día para ser viable un proyecto de este tipo (Szantó, 1996).

Con base en lo anterior se tomó la decisión de considerar como Alternativa de estudio la Opción 1: "recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios en un relleno sanitario" con un horizonte de 10 años, en el cual se puede efectuar un manejo de desechos susceptible de ser mejorado y ampliado en su vida útil si durante su operación se tomara la decisión y se llevara a la práctica la implementación de una planta de compostaje y una separación de material de reciclaje. Esta consideración se basa en que la vida útil de un relleno sanitario está en función de su capacidad y si éste se diseña para recibir el 100% de desechos, su período de operación aumentará considerablemente al momento de recibir únicamente desechos inorgánicos y más aún si solo recibe desechos no aprovechables. Partiendo de las consideraciones anteriores se ha formulado el presente estudio que comprende el manejo de desechos sólidos domiciliarios consistente en la recolección, transporte y disposición final mediante un relleno sanitario.

Se estima que el proyecto atenderá - al final del horizonte proyectado a 10 años - de manera directa en la recolección y transporte de desechos sólidos a 3,106 familias beneficiarias (80.49 % de la población) y recibirá para su disposición final en el relleno sanitario los desechos generados por 3,859 familias (100 % de la población).

### 1.8 Matriz de proyecto

Con base al ejercicio de marco lógico que se ha venido desarrollando para la selección y análisis de alternativas, se elaboró la siguiente matriz de proyecto para completar los aspectos de planificación del mismo.

ESTRATEGIA	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS (EXTERNALIDADES)
<b>Objetivo Superior:</b> Elevar los niveles de salud de la población atendida.	Resultados de los registros de pacientes en los puestos de salud local	Registros de salubridad de los centros de atención en salud	La salud no se ve alterada por nuevos factores
<b>Objetivo de Desarrollo:</b> Eliminar la contaminación ambiental producida por el mal manejo de desechos sólidos domiciliarios.	Resultados de análisis de la calidad del aire, agua y suelos que se deberán determinar durante las evaluaciones previas y posteriores al periodo de operación del proyecto.	Registros de análisis en laboratorios autorizados	La municipalidad desarrolla acciones paralelas en servicios básicos
<b>Objetivo del proyecto:</b> Manejo ambientalmente adecuado de los desechos sólidos domiciliarios producidos en las comunidades atendidas	El 100% de los desechos sólidos domiciliarios producidos dispuestos adecuadamente en un relleno sanitario	Registros estadísticas de la administración del proyecto	La municipalidad acepta y apoya la implementación del proyecto
<b>Resultados:</b> 1. Recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos producidos en un relleno sanitario. 2. Recuperación de terrenos barrancosos que actualmente son utilizados como botaderos de basura. 3. Conciencia ecológica en el manejo de desechos sólidos en los lugares de producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Recolección y transporte del 80.49 % de los desechos sólidos generados y manejo del 100% de desechos generados en un relleno sanitario, a partir del cual se obtendrá la nivelación de 1175 mts<sup>2</sup> de área de terreno que representa el área de la celda superior del relleno sanitario.</li> <li>– Cantidad de área de terrenos recuperados para reforestación y otros usos productivos por medio de la eliminación en un 100% de la cantidad de los desechos sólidos dispuestos en botaderos no controlados que representa la demanda actual no atendida que equivale al 56.66% de la generación total.</li> <li>– Cambio de comportamiento en el manejo de desechos sólidos en los usuarios del servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Informes administrativos del funcionamiento del proyecto</li> <li>– Terrenos o nivelado en el relleno sanitario</li> <li>– Terrenos con cambio de uso.</li> <li>– Información estadística de los cambios</li> </ul>	<p>La comunidad apoya la implementación del proyecto</p> <p>La municipalidad y otras organizaciones cofinanciantes apoyan la ejecución del proyecto</p>
<b>Actividades:</b> 1.1 Implementación del sistema de recolección, y transporte de desechos sólidos. 1.2 Implementación de un relleno sanitario 2.1 Nivelación de un terreno al final del horizonte del proyecto en donde se conformará el relleno sanitario 2.2 Cambio de uso de los terrenos barrancosos que actualmente se utilizan como botaderos no controlados en áreas verdes y de reforestación. 3.1 Campaña de educación ambiental	<p>Insumos y costos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Los recursos para la administración, operación y mantenimiento del sistema de recolección y transporte de desechos sólidos ascienden al costo de Q.210,584.48 anuales.</li> <li>– Los recursos para la implementación de un relleno sanitario ascienden a la inversión de Q.141,864.00 y para su administración, operación y mantenimiento Q.17,468.20</li> <li>– Material educativo contemplado como parte de los costos del estudio de preinversión que en total asciende a Q.45,000.00.</li> <li>– La inversión en capital de trabajo es de Q.228,052.68</li> </ul>	<p>Informes de actividades basadas en la contabilidad y auditoría interna y externa, exámenes técnicos de control y evaluaciones al proyecto.</p>	<p>La municipalidad ejecuta otras acciones de saneamiento que contribuyen alcanzar el objetivo del proyecto (barrido de calles y limpieza de drenajes)</p>

## 1.9 Marco teórico y conceptual

Los desechos sólidos son todos los materiales sobrantes que proceden de actividades humanas, de animales y la vegetación que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseados. Esta definición incluye todo, y abarca las masas heterogéneas de desechos de

comunidades urbanas lo mismo que acumulaciones más homogéneas de desechos agrícolas, industriales y minerales (Tchobanoglous, 1999).

Una clasificación general de los desechos sólidos podría darse de acuerdo con su origen o lugar de producción, partiendo que las zonas altamente urbanizadas presentan diferencias significativas con las urbanas: a) desecho sólido rural: que puede ser fácilmente recuperado de forma natural (alimento para ganado, abono de tierra, etc.), o bien eliminado mediante su simple abandono; b) desecho sólido urbano: que no puede ser eliminado por el lugar en donde se produce y su composición alta en materiales no orgánicos.

Otra forma de clasificar los desechos sólidos es en grupos, según su naturaleza particular:

- i. Residuos domiciliarios
- ii. Residuos de mercado y mataderos
- iii. Residuos de centros hospitalarios
- iv. Residuos provenientes de limpieza de: calles, playas, etc.
- v. Residuos de obras de construcción y su demolición
- vi. Lodos y fangos depurados de aguas residuales
- vii. Residuos comerciales y de oficinas
- viii. Residuos urbanos voluminosos
- ix. Residuos resultantes del abandono de vehículos
- x. Restos de podas, mantenimiento y conservación de zonas verdes
- xi. Animales muertos
- xii. Residuos tóxicos de laboratorios, centro de investigación y similares.

La clasificación podría ser mucho más extensa si se piensa en todas y cada una de las actividades humanas, industriales y de zonas urbanas, pero para efectos de éste estudio se considera suficiente la anterior y en detalle el estudio de los residuos sólidos domiciliarios.

Los desechos sólidos domiciliarios proceden de las distintas actividades de la vida en comunidad, se presentan en dimensiones manejables y generalmente en recipientes más o menos normales (bolsas, contenedores, etc.); comprenden los residuos procedentes de viviendas, de la limpieza de calles y veredas, de zonas verdes y de establecimientos industriales y comerciales cuando son asimilables a los residuos domiciliarios (material de oficina, restos de comedores, etc.).

Los residuos voluminosos de origen doméstico que por su forma, volumen, peso o tamaño son de difícil recogida, pueden incluirse en el grupo de desechos domiciliarios voluminosos, tomando en cuenta características comunes y su lugar de producción.

### 1.9.1 Los impactos de la producción de desechos sólidos

El hombre y los animales han usado los recursos naturales desde tiempos ancestrales, dicha práctica conlleva la producción de desechos que originalmente no necesitaron de mayor control debido a su cantidad y características. En tiempos antiguos, la disposición de desechos humanos y de otra naturaleza no presentó un problema significativo, debido a que la población era pequeña y la cantidad de tierra disponible para la asimilación de desechos era grande; hoy día se habla de reusar el valor

energético y fertilizante de los desechos sólidos, pero el agricultor de los tiempos antiguos probablemente hizo un intento más audaz de esto. Todavía se pueden ver indicaciones de reuso en las prácticas agrícolas primitivas, aún sensibles en muchas naciones en desarrollo donde los granjeros recirculan desechos sólidos por su valor combustible o fertilizante (Tchobanoglous, 1999).

Los problemas con la disposición de desechos sólidos pueden ser encontrados desde el tiempo en que los seres humanos empezaron a congregarse en tribus, poblaciones y comunidades y la acumulación de desechos se convirtió en una consecuencia de la vida. En las ciudades medievales la dispersión de alimentos y otros desechos sólidos, la práctica de botar desechos en calles sin pavimentar, carreteras y terrenos desocupados, condujo a procreación de ratas, con su compañía de pulgas, acarreando gérmenes y sus consecuentes problemas de salubridad; la falta de planes para el manejo de los desechos sólidos condujo a la muerte a uno de cada dos europeos en el siglo catorce. No fue hasta el siglo diecinueve que las medidas de control de salud pública se convirtieron en una consideración vital de los funcionarios públicos, quienes empezaron a darse cuenta de que los desechos de alimentos se debían recolectar y disponer en forma sanitaria para controlar vectores de enfermedades.

La relación entre salud pública y el almacenamiento, recolección y disposición inadecuados de desechos sólidos es muy clara; autoridades de Salud Pública han demostrado que las ratas, moscas y otros vectores de enfermedades procrean en botaderos a campo abierto, lo mismo que en viviendas pobremente construidas o mantenidas, en instalaciones de almacenamiento de alimentos, y en muchos otros lugares donde hay alimento y albergue disponible para las ratas y los insectos asociados con ellas (Udpa y Salinas, 1969).

Los impactos ecológicos tales como contaminación del agua y el aire también han sido atribuidos a manejo impropio de los desechos sólidos; por ejemplo el líquido de botaderos y rellenos pobremente diseñados y operados ha contaminado aguas superficiales y subterráneas. En áreas mineras el líquido lixiviado de los botaderos de desechos puede contener elementos tóxicos, tales como cobre, arsénico y uranio, o pueden contaminar abastecimientos de agua con sales indeseadas de calcio y magnesio. Mientras que la capacidad de la naturaleza para diluir, dispersar, degradar, absorber o disponer de otra manera de sus residuos indeseados en la atmósfera es alta, en los recursos agua y sobre todo suelo es bien conocido que ésta capacidad es limitada; los seres humanos no pueden exceder esta capacidad natural disponiendo sus desechos indeseables sin medida, pues se corre el riesgo de un desequilibrio ecológico sobre la biosfera.

La educación formal en el campo del manejo de los desechos es incipiente y poco desarrollada, por la implementación inadecuada de políticas existentes en salud pública y las deficiencias institucionales.

### 1.9.2 Primeras prácticas de disposición

Los métodos más comúnmente reconocidos para la disposición final de desechos sólidos a principios de siglo eran: 1) arrojar sobre el suelo, 2) arrojar en el agua, 3) enterrar con arado en el suelo, 4) alimento para porcinos, 5) reducción, y 6) incineración. No todos estos métodos eran aplicables a todos los tipos de desechos; enterrar con arado en el suelo se usaba para desechos de alimentos y barrido de calles, alimento para porcinos y la reducción se usaron específicamente para desechos de alimentos (Tchobanoglous, 1999).

- i. Arrojar sobre el suelo: debido a que era una tarea simple acarrear los desechos sólidos hasta los extramuros de la población y arrojarlos allí, los botaderos a campo abierto se convirtieron en un método común de disposición para comunidades urbanas, y la quema de estos botaderos fue una práctica común. Los botaderos a campo abierto también atrajeron moscas y ratas que diseminaron enfermedades. Esta disposición peligrosa se convirtió en un tema de gran preocupación para las autoridades de salud pública, a quienes se les dio la responsabilidad para controlar los desechos sólidos.
- ii. Arrojar en el agua: aunque este método fue usado por algunas ciudades costarricenses, no fue favorecido debido a que las consecuencias de la contaminación fueron bien reconocidas.
- iii. Enterrar con arado en el suelo: éste método de disposición mediante entierro con arado en el suelo fue usado para desechos de alimentos y barrido de calles, debido a la necesidad de grandes áreas de terreno y al hecho de que los desechos de alimentos debían ser separados de otros desechos.
- iv. Alimento para porcinos: con frecuencia los desechos de alimentos fueron dados a cerdos en granjas cercanas a áreas urbanas; debido a esta práctica se extendió la triquinosis cuando se dieron pedazos de cerdo contaminado en la recirculación de desechos de alimentos, los que reinfectaron a otros cerdos y a la gente que consumió su carne.
- vi. Reducción: la reducción de desechos de alimentos es un método que ya no se usa, era un proceso de extracción de la grasa mediante el cual los desechos se trataban para separar las partes sólida y líquida y recuperar la grasa contenida en una o ambas porciones. La parte sólida era conocida como "fertilizante orgánico" y se desarrollaron y usaron varios procesos; la grasa recuperada se usó para hacer pomadas y los grados más baratos de perfumería, lo mismo que como grasa para vagones.
- vii. Incineración: la incineración es considerada como un proceso de reducción de volumen a cenizas, consiste en la quema de la basura; aunque la incineración fue considerada como un método de disposición final a principios de siglo, ahora es considerada como un proceso de conversión de energía.

El manejo esclarecido de desechos sólidos, con énfasis en el descargue controlado (conocido ahora como "relleno sanitario"), se puede encontrar a principios de los años 1940 en los Estados Unidos y una década antes en el Reino Unido (Sakurai, 2001).

### 1.9.3 Elementos funcionales

Los problemas asociados con el manejo de desechos sólidos en la sociedad de hoy día son complejos debido a la cantidad y naturaleza diferente de los desechos, el desarrollo irregular de grandes áreas urbanas, las limitaciones de recursos para servicios públicos en muchas ciudades grandes, los impactos de la tecnología, y las limitaciones emergentes de energía y materias primas. En consecuencia, si el manejo de los desechos sólidos se va a realizar de una manera eficiente y ordenada, se deben identificar y comprender claramente los aspectos y fundamentales relaciones.



Para resolver problemas específicos de desechos sólidos, los distintos elementos funcionales se combinan en lo que generalmente es conocido como un sistema de manejo de desechos sólidos. En la mayoría de las ciudades un sistema de manejo de desechos sólidos comprende cuatro elementos funcionales: producción de desechos, almacenamiento in situ, recolección y disposición. Además, uno de los objetivos del manejo de desechos sólidos es la optimización de estos sistemas para proporcionar la solución más eficiente y económica, en concordancia con todas las restricciones impuestas por los usuarios del sistema y aquellos que son afectados o controlan su uso.

- i. Producción de desechos: la producción de desechos comprende aquellas actividades en las cuales se identifican los materiales que ya no son útiles y son desechados o recogidos para su disposición final; por ejemplo, la envoltura de una barra de caramelo se considera de poco valor para el propietario una vez ha consumido el caramelo y con mayor frecuencia es desechada de inmediato, especialmente a campo raso. Debido a que la producción de desechos es actualmente una actividad no muy controlable, frecuentemente no es considerada como un elemento funcional; en el futuro sin embargo, probablemente se ejercerá un mayor control sobre la producción de desechos. Desde el punto de vista económico, el mejor lugar para sortear materiales de desecho con propósitos de recuperación es en la fuente de producción, debido a que los propietarios de las viviendas se están volviendo más conscientes de la importancia de separar periódicos y cartón, latas de acero delgado, aluminio y botellas.
- ii. Almacenamiento in situ: aunque los desechos sólidos de fuentes urbanas pueden constituir sólo el 5% de los desechos sólidos de la nación, su manejo exige un esfuerzo continuo. La razón es que son desechos heterogéneos visibles que son producidos, en su mayor parte, donde la gente vive y en áreas con espacio limitado para el almacenamiento. Estos desechos no se pueden tolerar largo tiempo sobre la base de premisas personales debido a su degradación y deben ser trasladados en un tiempo razonable, generalmente menos de 8 días (Szantó, 1996). El costo de proveer almacenamiento para desechos sólidos en la fuente normalmente es aportado por el dueño de la vivienda o apartamento en el caso de individuos o por la administración de propiedades comerciales o industriales. El almacenamiento in situ es de importancia primordial debido a consideraciones estéticas, de salud pública y económica involucradas, sin embargo es frecuente ver recipientes de aspecto desagradable y lugares de almacenamiento al aire libre, ambos son inaceptables en áreas residenciales y comerciales.
- iii. Recolección: incluye el acarreo de los desechos recolectados por medio de un vehículo hasta un lugar elegido y preparado para su disposición final. La solución al problema de acarreo a grandes distancias se complica en la medida en que los vehículos a motor que son bien adaptados para el acarreo a larga distancia no son adecuados o particularmente económicos para la recolección casa por casa. Por consiguiente, en la mayoría de los casos se necesitan instalaciones y equipos adicionales de transferencia y transporte.
- iv. Transferencia y transporte: el elemento funcional de transferencia y transporte comprende dos etapas: 1) la transferencia de los desechos desde un vehículo de recolección pequeño a un equipo de transporte más grande y 2) el transporte subsiguiente de los desechos, generalmente sobre grandes distancias, al sitio de disposición. La transferencia generalmente tiene lugar en una estación de transferencia; aunque el transporte en vehículos de motor es más común también se usan ferrocarriles o barcas para transportar desechos.

- v. **Procesado y recuperación:** el elemento funcional de procesado y recuperación incluye todas las técnicas, equipo e instalaciones usadas para mejorar la eficiencia de los otros elementos funcionales y para recuperar materiales utilizables, conversión de productos o energía de desechos sólidos. En la recuperación de materiales las operaciones de separación han sido ideadas para recuperar recursos valiosos de los desechos sólidos mezclados, entregados a las estaciones de transferencia o plantas de procesado de desechos sólidos. Estas operaciones incluyen reducción de tamaño y separación de densidad mediante clasificadores de aire; una ulterior separación puede incluir dispositivos magnéticos para extraer hierro, separadores de corriente en contra flujo para aluminio y mallas para vidrio. También pueden ser reusados: la flotación, separación por inercia, y otras operaciones unitarias de la industria metalúrgica. La selección de cualquier proceso de recuperación es una función económica - costo de separación versus valor de los materiales recuperados o productos - debido a que los precios fluctúan ampliamente; en cualquier análisis económico se deben considerar estimativos de los precios máximos y mínimos.
- vi. **Disposición final:** el último elemento funcional en el sistema de manejo de desechos sólidos es la disposición final. La disposición final es el último destino de todos los desechos sólidos, ya sean desechos residenciales recolectados y transportados directamente a un relleno sanitario, desechos semisólidos (lodo) de plantas de tratamiento municipal o industrial, residuo del incinerador, abono u otras sustancias de diferentes plantas de procesado de desechos sólidos que ya no son útiles a la sociedad.

Entonces, la planificación del uso de la tierra se convierte en un determinante primordial en la selección y operación de rellenos sanitarios. Un relleno sanitario moderno no es un botadero a campo abierto, es un método de disposición de los desechos sólidos que no crea molestias o riesgos para la salud, tales como criaderos de ratas e insectos y la contaminación del agua subterránea, o la seguridad pública. Se deben seguir los principios de ingeniería para confinar los desechos al área más pequeña posible, reducirlos al mínimo volumen práctico mediante compactación en el sitio y cubrirlos después de cada día de operación para reducir la exposición a las plagas. Después de que toda el área es llenada, se debe colocar una cubierta de tierra de 60 centímetros mínimo de espesor, y agregar más tierra si se producen asentamientos diferenciales durante la descomposición de la materia orgánica subyacente. Esta descomposición es anaerobia y en consecuencia tiene una tasa de reacción muy lenta, con el peligro de producir gas metano en su proceso de biodegradación (Jaramillo, 1991).

Una de las más importantes es planificar el uso final de la tierra recuperada; muchos campos de golf han sido establecidos sobre rellenos sanitarios, parques, almacenamientos al aire libre y campos de atletismo ocupan sitio de muchos rellenos sanitarios antiguos. Estos deben ser planificados de manera que no se localicen edificaciones sobre los desechos sólidos en descomposición; la planificación se debe hacer antes del llenado de manera que las áreas para construcciones sean llenadas únicamente con tierra.

## II. ESTUDIO DE MERCADO

### 2.1 El servicio en el mercado

#### 2.1.1 Definición del servicio

"Recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II del municipio de Chinautla, departamento de Guatemala."

#### 2.1.2 Servicio principal

Recolección y transporte de desechos sólidos domiciliarios comunes; papel, cartones, vidrios, plásticos, desechos orgánicos (biodegradables) y metales.

#### 2.1.3 Servicios sustitutos o similares

- i. Recolección y transporte de desechos sólidos domiciliarios por empresas concesionarias por la municipalidad de Chinautla.
- ii. Utilización de terrenos baldíos para depositar ahí los desechos domiciliarios (basureros clandestinos).
- iii. Incineración no controlada.

#### 2.1.4 Servicios complementarios

- i. Relleno sanitario controlado.
- ii. Incineración controlada.
- iii. Elaboración de compost.
- iv. Reciclaje y comercialización.

### 2.2 Área del mercado para la prestación del servicio

#### 2.2.1 Población consumidora, contingente actual y futuro:

El área de influencia del proyecto abarca las colonias Tierra Nueva I y II del municipio de Chinautla, del departamento de Guatemala. En dicho sector habitan actualmente un total de 15,505 pobladores. Alrededor de 3,101 familias u hogares, si se consideran familias de 5 miembros en promedio, (en encuesta realizada en el sector se determina un promedio de 5 miembros por familia).

Para los próximos diez años, se estima que la población en el sector crecerá a un ritmo del 2.21% anual (ver cuadro 1). Por los barrancos existentes, no existen áreas de futuro desarrollo habitacional en el lugar.

## 2.2.2 Tasa de crecimiento de la población:

De acuerdo a los datos obtenidos en el Censo de Población por comunidad, en el Diagnóstico Comunitario del año 2002, del Centro de Salud Tierra Nueva, la tasa de crecimiento poblacional anual del sector Tierra Nueva I y II se registra en un 2.21%. Esta tasa se espera que disminuya por el hecho de que el lugar se encuentra ya saturado de viviendas y la topografía no facilita incorporar más viviendas.

CUADRO 1  
Tierra Nueva I y II  
POBLACION

AÑO	NUMERO DE HABITANTES	NUMERO DE FAMILIAS
2003	15,848	3,170
2004	16,198	3,240
2005	16,556	3,311
2006	16,922	3,384
2007	17,296	3,459
2008	17,678	3,536
2009	18,069	3,614
2010	18,468	3,694
2011	18,876	3,775
2012	19,293	3,859

*La estimación de población durante el horizonte del proyecto se calculó tomando como base la población actual (15,505 habitantes en el año 2002) a una tasa de crecimiento poblacional de 2.21% anual y el número de familias se establece tomando como base 5 personas por familia*

*Fuente: Estimaciones propias utilizando el método geométrico, basadas en datos del Censo de Población del Centro de Salud Tierra Nueva Chinautla. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, C. A.*

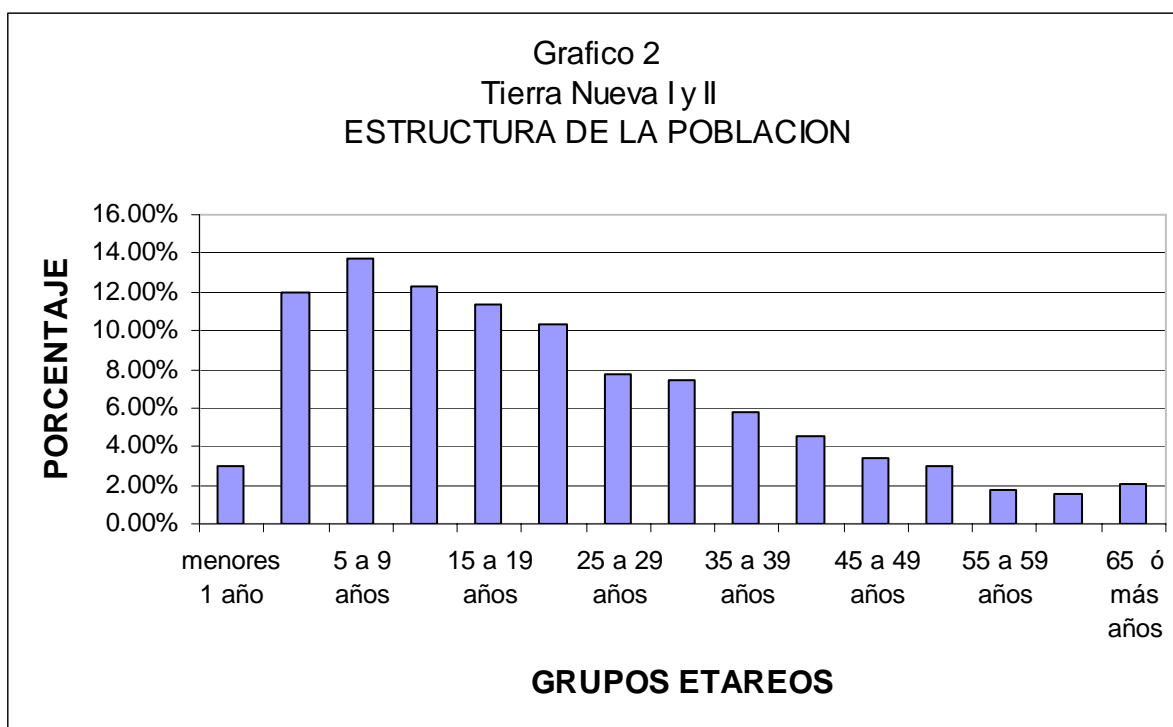
## 2.2.3 Estructura de la población:

La distribución por edades de la población de las colonias Tierra Nueva I y II del Municipio de Chinautla, Guatemala se presenta en cuadro 2.

**CUADRO 2**  
**Tierra Nueva I y II**  
**ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN: GRUPOS ETAREOS (Año 2002)**

GRUPOS ETAREOS	NUMERO DE HABITANTES	PORCENTAJE
menores 1 año	470	3.03%
1 a 4 años	1853	11.95%
5 a 9 años	2127	13.72%
10 a 14 años	1912	12.33%
15 a 19 años	1763	11.37%
20 a 24 años	1601	10.33%
25 a 29 años	1193	7.69%
30 a 34 años	1158	7.47%
35 a 39 años	896	5.78%
40 a 44 años	707	4.56%
45 a 49 años	533	3.44%
50 a 54 años	468	3.02%
55 a 59 años	266	1.72%
60 a 64 años	233	1.50%
65 ó más años	325	2.10%
<b>TOTAL</b>	<b>15,505</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Censo de Población del Centro de Salud Tierra Nueva Chinautla. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala, C. A.*



*Fuente: Cuadro 2*

## 2.2.4 Ingresos de la población:

Los habitantes de las colonias Tierra Nueva I y II son en su mayoría obreros, muchos de ellos dedicados a la albañilería, carpintería y/o trabajos de electricidad.

Escasamente, el 8.9% se considera empleado público o privado. Prevalece como principal actividad masculina la albañilería y en la femenina oficios domésticos. La proliferación de empresas dedicadas a la maquila, ha captado a la población, estimulado y ofrecido fuentes de empleo.

Tomando en cuenta el panorama de la situación laboral de los pobladores del sector, se espera que el salario promedie alrededor del salario mínimo actual mensual: Q 784.00.

## 2.3 Análisis de la demanda

### 2.3.1 Situación actual:

Con el objeto de estimar las estadísticas básicas del comportamiento de la producción de desechos sólidos domiciliarios, se realizó un muestreo con base en una prueba piloto consistente en la medición en kilogramos de la generación de desechos sólidos durante un período de tres días, en diez viviendas tomadas al azar entre los distintos sectores de las colonias analizadas. Los datos obtenidos de la prueba se muestran en el cuadro 3.

CUADRO 3  
Tierra Nueva I y II  
GENERACION Y CARACTERIZACION DE DESECHOS SÓLIDOS  
(Prueba Piloto: Producción en 3 días por 10 familias)

No. Vivienda	Total		Orgánico		Papel		Plástico		Metal Peso Kg.	Vidrio Peso Kg.
	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a M3	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a m3		
1	3.239	0.049	1.890	0.005	1.009	0.032	0.241	0.001	0.099	
2	4.773	0.049	2.571	0.015	0.526	0.025	0.270	0.008	1.406	
3	2.778	0.041	1.101	0.006	1.110	0.026	0.567	0.009		
4	1.562	0.013	1.193	0.009	0.284	0.003	0.085	0.001		
5	3.631	0.024	0.057	0.003	0.313	0.004	2.410	0.015	0.511	0.340
6	2.890	0.027	2.266	0.012	0.255	0.007	0.369	0.008		
7	2.863	0.047	1.219	0.007	1.304	0.031	0.340	0.009		
8	2.154	0.025	1.616	0.009	0.283	0.008	0.255	0.008		
9	1.219	0.036	0.567	0.017	0.255	0.007	0.255	0.008		0.142
10	3.143	0.045	1.611	0.008	1.164	0.028	0.368	0.009		
TOTAL	28.25	0.356	14.09	0.091	6.50	0.171	5.16	0.076	2.02	0.48

Va: volumen aparente;

Fuente: elaboración propia

Los resultados estadísticos de peso en kilogramos por vivienda para 3 días de generación de desechos de la prueba piloto son los siguientes:

Media Aritmética:.....	2.82517
Mediana:.....	2.87650
Desviación estándar: ....	1.01922
Varianza de la muestra:..	1.03880
Suma .....	28.2517

### 2.3.1.1 Determinación de número de muestras

Para la determinación del número de muestras a realizar, se aplicó la siguiente fórmula recomendada por el Doctor Kunitoshi Sakurai, en su "Guía para el diseño de Rellenos Sanitarios (Sakurai, 2001).

$$n = \frac{S^2}{[(E / 1.96)^2 + S^2/N]}$$

Donde:

- n: número de viviendas a muestrear
- S: desviación estándar de la muestra de la prueba piloto (gr/hab/día)
- E: error permisible de la estimación (gr/hab/día)
- 1.96<sup>2</sup>: es la constante Z<sup>2</sup> que representa un nivel de confianza al 95 %
- N: número total de viviendas

Con los datos de la prueba piloto se logró determinar la desviación estándar de 1.019 kg/vivienda en 3 días de producción de desechos sólidos domiciliarios; convirtiendo este dato a gr/hab/día de la siguiente manera:

$$S = 1.01922 \text{ kg/vivienda} / 3 \text{ días} / 5 \text{ hab/vivienda} * 1000 \text{ gr/kg} = 67.94767 \text{ gr/hab/día}$$

Para aplicar la fórmula propuesta se aceptó el error permisible de la estimación con un valor de 25 gr/hab/día. Según el Dr. Kunitoshi Sakurai, asesor regional en residuos sólidos en América Latina, es permisible un error de hasta 50 gr/hab/día.

Para la aplicación de la fórmula se emplean los siguientes datos:

- S = 67.94767 gr/hab/día
- E = 25 gr/hab/día
- N = 3,101 viviendas

$$n = \frac{(67.94767 \text{ kg/hab/día})^2}{(25 \text{ gr/hab/día}/1.96)^2 + (67.94767 \text{ kg/hab/día})^2 / 3101 \text{ viviendas}}$$

$$n = 28.12063 \text{ viviendas}$$

Del resultado anterior (28.12063) y realizando una aproximación conveniente, se tomó como dato un número de viviendas a muestrear aleatoriamente de 30.

### 2.3.1.2 Análisis de muestras

En el cuadro 4 se muestra la composición y cantidad de desechos sólidos del muestreo realizado a 30 viviendas tomadas al azar dentro de los distintos sectores que conforman las colonias Tierra Nueva I y II. La composición se determinó por medio de la clasificación de los desechos.

Para el estudio es importante la determinación principalmente del peso y volumen de la producción de desechos, ya que se espera que el servicio de colecta de la basura se lleve a cabo tres veces cada semana en las viviendas de las colonias estudiadas y el consumidor a atender serán las familias y/o hogares conformadas en un promedio de cinco personas por vivienda.

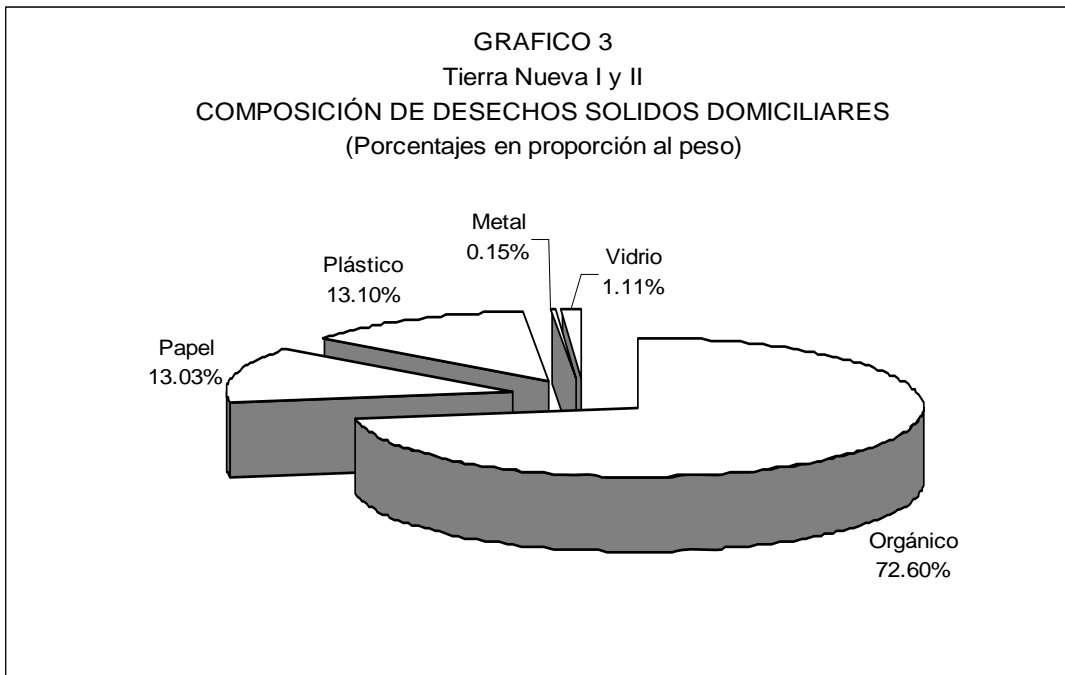
**CUADRO 4**  
Tierra Nueva I y II  
**GENERACION Y COMPOSICION DE DESECHOS SÓLIDOS**  
(Muestra del proyecto: Producción en 3 días por 30 familias)

No. Vivienda	Total		Orgánico		Papel		Plástico		Metal Peso Kg.	Vidrio Peso Kg.
	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a M3	Peso Kg.	V a m3	Peso Kg.	V a m3		
1	0.623	0.019	0.283	0.003	0.312	0.008	0.028	0.008		
2	2.268	0.042	1.106	0.006	1.106	0.027	0.056	0.009		
3	2.522	0.020	2.239	0.012	0.283	0.008				
4	3.118	0.017	2.296	0.012	0.142	0.004	0.68	0.001		
5	2.597	0.020	1.984	0.011	0.415	0.001	0.198	0.008		
6	4.082	0.034	3.6	0.019	0.255	0.007	0.227	0.008		
7	2.864	0.019	1.22	0.007	1.304	0.003	0.34	0.009		
8	2.822	0.015	2.17	0.001	0.17	0.005	0.482	0.009		
9	1.970	0.022	1.843	0.01	0.014	0.004	0.113	0.008		
10	0.822	0.016	0.482	0.004	0.142	0.004	0.198	0.008		
11	2.285	0.027	1.661	0.009	0.397	0.01	0.227	0.008		
12	0.878	0.016	0.68	0.005	0.085	0.003	0.113	0.008		
13	2.324	0.027	1.587	0.009	0.312	0.008	0.283	0.008		0.142
14	2.154	0.025	1.616	0.009	0.283	0.008	0.255	0.008		
15	4.139	0.038	3.232	0.017	0.482	0.012	0.425	0.009		
16	4.250	0.029	3.967	0.021			0.283	0.008		
17	4.535	0.035	3.288	0.017	0.255	0.007	0.992	0.011		
18	1.219	0.024	0.567	0.004	0.255	0.007	0.255	0.008		0.142
19	1.304	0.021	0.709	0.005	0.255	0.007	0.34	0.009		
20	1.218	0.014	0.935	0.006			0.283	0.008		
21	2.891	0.028	2.268	0.012	0.255	0.007	0.368	0.009		
22	0.794	0.016	0.482	0.004	0.142	0.004	0.17	0.008		
23	2.494	0.021	2.296	0.013			0.198	0.008		
24	2.947	0.044	1.417	0.008	1.162	0.028	0.368	0.008		
25	4.167	0.028	3.657	0.019			0.51	0.009		
26	2.437	0.028	1.021	0.006	0.283	0.008	0.482	0.009	0.113	0.538
27	3.09	0.028	2.467	0.013	0.255	0.007	0.368	0.008		
28	3.969	0.033	3.26	0.017	0.255	0.007	0.454	0.009		
29	1.843	0.032	0.482	0.004	0.709	0.018	0.652	0.01		
30	1.134	0.016	0.737	0.005	0.085	0.003	0.312	0.008		
<b>TOTAL</b>	<b>73.76</b>	<b>0.754</b>	<b>53.55</b>	<b>0.288</b>	<b>9.61</b>	<b>0.215</b>	<b>9.66</b>	<b>0.239</b>	<b>0.11</b>	<b>0.82</b>
<b>%peso</b>	<b>100%</b>		<b>72.60%</b>		<b>13.03%</b>		<b>13.10%</b>		<b>0.15%</b>	<b>1.11%</b>



Fuente: elaboración propia

Con respecto a la composición de los desechos sólidos domiciliarios (dsd) analizados en el muestreo, estos se integraron en peso según datos obtenidos del cuadro 4, con el 72.60 % de desecho orgánico, 13.03 % de papel, 13.10 % de plásticos, 0.15 % de metales y 1.11 % de vidrio como se muestran en el siguiente gráfico.



Fuente: Cuadro 4

Los resultados estadísticos de peso en kilogramos por vivienda con 3 días de generación de desechos de la muestra de 30 viviendas son los siguientes:

Media aritmética:.....	2.45867	
Mediana: .....	.....	2.46550
Desviación estándar:.....	1.14524	
Varianza de la muestra:.....	1.31157	
Suma:.....	73.7600	

El análisis estadístico de las medidas de tendencia central de la muestra determina una media aritmética de peso de 2.46 Kg. por vivienda en 3 días de generación de desechos; es decir una generación actual diaria por familia común (de cinco miembros) de:

$$\text{Generación por vivienda (año 2002) (dsd)} = 2.46 \text{ kg/vivienda} / 3 \text{ días}$$

$$= 0.82 \text{ kg/vivienda/día}$$

Mediante los datos determinados en el muestreo realizado, el peso de la generación de los desechos sólidos domiciliarios diaria y anual en la actualidad es de:

$$\begin{aligned}
 & \text{Generación diaria (año 2002)(dsd)} & = & 0.82 \text{ kg/vivienda/día} \\
 \times 3,101 \text{ familia} & & & \\
 & & & = 2,542.82 \\
 \text{kg/día} & & & \\
 \text{Generación anual (año 2002) (dsd)} & = & 2,542.82 \text{ kg/día} \times 365 \\
 \text{días/año} & & & \\
 & & & = 928,129.30 \\
 \text{kg/año} & & &
 \end{aligned}$$

La densidad de los desechos en los recipientes domiciliarios o densidad aparente se puede obtener de los datos totales de peso dividido por el volumen del número total de muestras (cuadro 4):

$$\begin{aligned}
 \text{Densidad en los recipientes domiciliarios} & = 73.76 \text{ kg}/0.754 \text{ m}^3 \\
 & = 97.82 \text{ kg}/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

La generación anual por vivienda se establece de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{Generación anual/vivienda(dsd)} & = \\
 0.82\text{kg/vivienda/día} \times 365 \text{días/año} & \\
 & = 299.30 \\
 \text{kg/vivienda/año} &
 \end{aligned}$$

Los resultados anteriores muestran que la generación de desechos por familia es baja en cantidad y con alto contenido orgánico. Estos datos coadyuvan a tomar decisiones sobre opciones de manejo.

### 2.3.1.3 Demanda actual

El proyecto espera beneficiar directamente con el componente de Recolección y transporte al 80.49% de la población y en la disposición final en el Relleno sanitario el 100% de la población; en consecuencia, se concluye que la demanda actual (año 2002) para el proyecto tiene los siguientes datos:

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda actual (año 2002) (Recolección y transporte):} & 928,129.30 \text{ kg} \times 80.49 \% \\
 & = 747,051.27 \text{ kg/año (2,496 familias)} \\
 \text{beneficiarias: 80.49\% de 3,101 familias)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda actual(año 2002)(Relleno sanitario):} & \\
 & = 928,129.30 \text{ kg/año (3,101 familias)} \\
 \text{beneficiarias: 100 \% de las familias)} &
 \end{aligned}$$

### 2.3.2. Demanda futura

La demanda futura a atender con el proyecto se estima con un crecimiento anual del 2.21 % de acuerdo con el crecimiento de la población; en consecuencia, se proyecta atender para el último año del horizonte del proyecto (año 2012) la siguiente demanda:

Demanda futura (año 2012)(Recolección y transporte):

$$= 747,051.27 \text{ kg/año} \times (1+2.21\%)^{10}$$

$$= 929,575 \text{ kg/año} (2,496 \times (1+2.21\%)^{10})$$

$$= 3,106 \text{ familias beneficiarias: } 80.49\% \text{ de la población total}$$

Demanda futura (año 2012) (Relleno sanitario):

$$= 928,129.30 \text{ kg/año} \times (1+2.21\%)^{10}$$

$$= 1.154,895 \text{ kg/año} (3,101 \times (1+2.21\%)^{10})$$

$$= 3,859 \text{ familias beneficiarias: } 100 \% \text{ de la población total}$$

Los resultados del análisis de la demanda actual y futura, determinados con base en los resultados del análisis de muestras indican que la producción de basura en las colonias Tierra Nueva I y II no justifica una planta de reciclado. El alto porcentaje de desecho orgánico favorecería la implementación de una planta de compostaje, pero la cantidad generada no la hace viable, debido a que se necesita una producción mínima de 40 toneladas por día para ser viable un proyecto de reciclado y compostaje (Szantó, 1996).

## 2.4 Análisis de la oferta

### 2.4.1. Oferta actual

Actualmente existen en el sector dos entidades que atienden el servicio de colecta de los desechos sólidos domiciliarios:

La municipalidad de Chinautla atiende un 21.95% de los vecinos que hacen uso de servicios de recolección, mientras un 24.39% es atendido por una empresa privada; la cobertura de vecinos atendidos por los servicios de recolección alcanza a un 46.34% de la población.

Más de la mitad de hogares no son atendidos, el 53.66% no hacen uso de algún servicio de recolección de basuras, y disponen sus desechos depositándolos en los terrenos barrancosos colindantes con las áreas habitadas, en los cuales algunas veces los queman.

### 2.4.2 Oferta futura

Asumiendo que el proyecto fuera ejecutado por la municipalidad de Chinautla, la oferta futura total del proyecto sería el resultado de sumar la cobertura actual de la municipalidad, más la demanda no atendida en el sector, es decir un 75.59% de los usuarios (21.95% Cobertura Municipal actual +

53.66% Usuarios no Atendidos); sin embargo, tomando en cuenta que el 80.49 % de las familias están dispuestas a pagar una cuota de Q10.00 por mes por familia, se ha considerado fijar este porcentaje como la oferta del proyecto considerando que absorbería la demanda actual atendida que paga una tarifa promedio de Q15.00 por mes por familia. En consecuencia, se establece la oferta del proyecto del tamaño de la demanda del mismo.

## 2.5 Análisis de precios

### 2.5.1 Tarifas actuales:

Actualmente los dos recolectores que prestan el servicio en el sector trabajan de forma independiente. El servicio privado cobra una tarifa negociable con el usuario, de acuerdo con su volumen de producción de desechos, el promedio es Q15.00 mensuales.

El servicio municipal cobra una tarifa única y constante de Q15.00 de forma directa, que no es variable en relación con la producción de desechos sólidos domiciliarios.

### 2.5.2 Proyección de tarifas:

Las opciones de cobro que se podrían implementar, una vez se iniciara la operación del proyecto, son:

- i. Cobro directo: a través de talonarios, cobrando en cada vivienda mensualmente; y
- ii. Tarifa indirecta: agregando el costo de manejo de desechos sólidos al consumo de agua potable. Aunque la segunda opción es más segura y eficiente en su cobro, presenta dos dificultades: que no todos los usuarios potenciales cuentan con servicio de agua potable, por otro lado el servicio de recolección y transporte no se ha proyectado para el 100 % de la población.

Para que el proyecto tenga el impacto deseado en el largo plazo, es necesario que atienda a la mayor cantidad de familias posible (80.4% en el año uno y el 100% en el año 10); situación que por un lado garantiza el manejo controlado de los desechos domiciliarios producidos y financieramente permite alcanzar la maximización de los ingresos, siempre y cuando la tarifa de cobro no exceda la capacidad de pago de los usuarios.

La disposición de pago de los habitantes del sector para la recolección de los desechos, de acuerdo con la encuesta del proyecto –mostrada en el cuadro 5- fija un promedio de disposición de pago de Q14.66, con este precio aproximado a Q15.00 se obtiene la maximización de ingresos pero solo se atiende al 56.10% de las viviendas, si se fija un precio de Q10.00 se atendería a un porcentaje considerable 80.49% de las viviendas y los ingresos se registrarán cerca de la maximización. En la evaluación financiera del proyecto se tomó como tarifa un precio de Q10.00 por considerarlo el más adecuado en función del número de familias a cubrir.

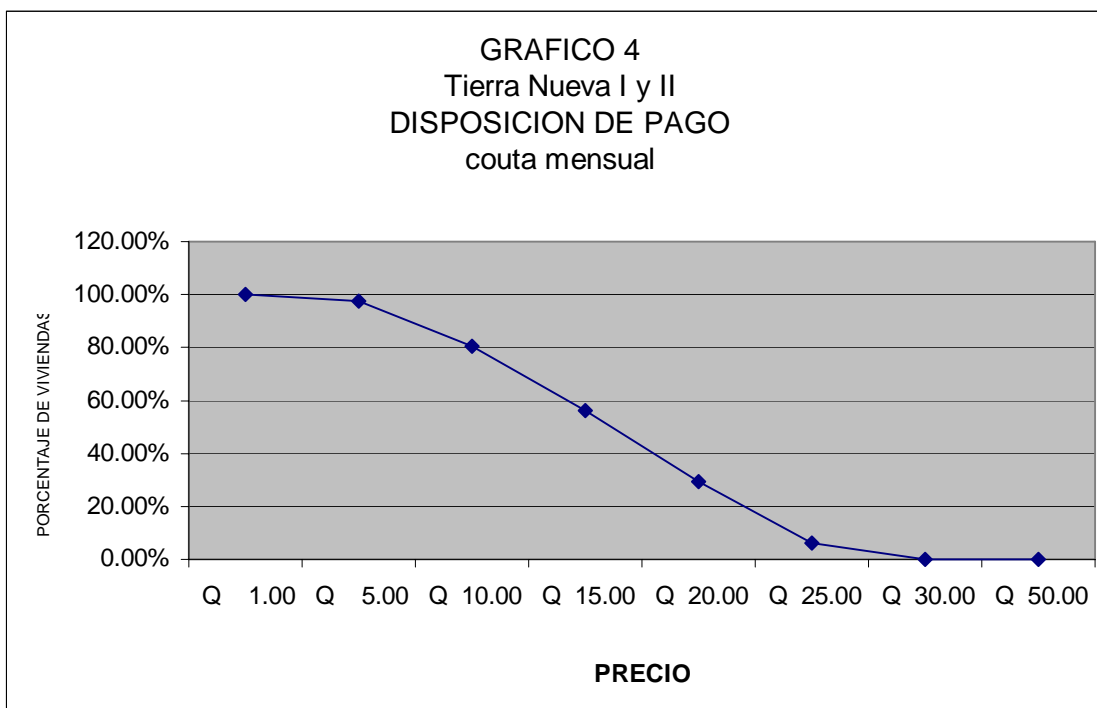
La recolección y transporte de desechos sólidos tiene un comportamiento lógico en el sentido que la demanda tiende a bajar ante el incremento del precio del servicio. En el cuadro 5 y en el gráfico 3 se muestra el comportamiento de la demanda con relación al precio

## CUADRO 5

Tierra Nueva I y II  
DEMANDA EN FUNCION DE LA CUOTA DE PAGO

CUOTA DE PAGO MENSUAL POR VIVIENDA	NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS (AÑO 2002)	% DE VIVIENDAS	INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL
Q1.00	3101	100.00%	Q3,101.00	Q37,212.00
Q5.00	3025	97.56%	Q15,126.68	Q181,520.14
Q10.00	2496	80.49%	Q24,959.95	Q299,519.39
Q15.00	1740	56.10%	Q26,094.92	Q313,138.98
Q20.00	908	29.27%	Q18,153.25	Q217,839.05
Q25.00	189	6.10%	Q4,729.03	Q56,748.30
Q30.00	0	0%	Q0.00	Q0.00
Q50.00	0	0%	Q0.00	Q0.00

Fuente: Cálculos propios basados en información de la encuesta del proyecto.



Fuente: Cuadro 5

## 2.6 Análisis de comercialización

### 2.6.1 Comercialización actual

Actualmente las dos entidades que prestan el servicio de recolección de basura lo llevan a cabo de la siguiente forma:

#### 2.6.1.1 Servicio privado

Cuenta con un camión recolector que recorre únicamente las vías principales de los sectores que atiende: La Isla, La Franja y El Encinal.

El servicio consiste en recoger dos veces por semana la basura domiciliar que los vecinos generan; los desechos deben de ser entregados en la avenida principal del sector, dado que el camión recolector no recorre vías secundarias. Cabe destacar que el destino de los desechos recolectados es el Relleno Sanitario de la zona 3 de la Ciudad Capital, en el cual el tratamiento es insuficiente y los desechos no recolectados, cada familia los arroja a las áreas no habitadas.

#### 2.6.1.2 Servicio municipal

El servicio municipal atiende al resto de sectores, con una cobertura del 21.95% de la demanda total.

El servicio municipal también recorre únicamente la avenida principal de las dos comunidades, sin atender a los asentamientos que se localizan cercanos a los barrancos.

#### 2.6.2 Comercialización futura

Al materializarse el proyecto, estaría bajo la administración municipal, se presume la necesidad de atender a la demanda insatisfecha y la cobertura que ya tiene; por lo cual, en el Estudio Técnico se presentan los aspectos que deben tomarse en cuenta para la recolección y transporte y la capacidad del relleno sanitario como componente complementario y básico para el manejo de los desechos.

### CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO

En el estudio de mercado se determinó que existe demanda para el proyecto ya que más del 50% de la población carece del servicio de recolección y transporte de desechos sólidos, la demanda actualmente atendida cubre únicamente el 46.34% de la población. La maximización de ingresos se obtiene al atender una demanda que representa el 56.10% de la demanda total que se da cuando se fija un precio de Q15.00 mensuales; sin embargo, se fijó para el proyecto una cuota mensual de Q10.00 por considerarla cercana a la maximización de ingresos y que atiende una demanda significativa del 80.49% de la demanda total. También se determinó la cantidad generada de desechos sólidos (2.5 toneladas diarias), y que la composición de los desechos en su mayor porcentaje esta integrada por desechos orgánicos (76.60%).

### III. ESTUDIO TÉCNICO

El presente estudio proporciona el tamaño óptimo y la localización que permitan hacer factible el manejo y disposición final de los desechos sólidos domiciliarios generados.

#### 3.1 Tamaño del proyecto

En el análisis de alternativas se determinó realizar el estudio de un Relleno Sanitario, ya que la poca generación y la composición de los desechos producidos por las colonias no permiten por una parte el establecimiento de una planta de Compost, la cual requiere una producción diaria de al menos 40 toneladas para tener algún resultado apreciable en el aspecto económico productivo. Tampoco resulta conveniente establecer una planta de reciclaje por la escasa generación de desechos y por su composición baja en desechos aprovechables no orgánicos.

Para determinar el tamaño del proyecto en su componente de relleno sanitario, se tomó como factor determinante el volumen de producción total de desechos producidos por la comunidad durante los 10 años fijados para el horizonte del proyecto. Este volumen se refiere al recolectado y transportado por el proyecto y por la empresa privada y por factor de seguridad se incluye el volumen de los desechos generados por la demanda no atendida.

Se ha determinado que el peso de desechos generados durante el horizonte del proyecto es de aproximadamente 10,488 toneladas métricas (10.487,640 Kg. ver peso acumulado al año 2012 en Cuadro 6), cantidad que corresponde a un volumen de 17,479.40 metros cúbicos estabilizados en celdas de relleno sanitario. Este volumen se multiplicó por un factor de 1.25 estimando un 25% de material de cobertura respecto al volumen de los desechos, resultando un volumen de 21,849.25 mts<sup>3</sup>. Este último dato representa el tamaño o volumen del relleno sanitario. El volumen se determinó tomando en cuenta una densidad de basura estabilizada en los rellenos (2 años después de finalizado el relleno) de 600 kg/mts<sup>3</sup> (dato recomendado por Jorge Jaramillo en Guía para diseño de rellenos sanitarios manuales). La consideración de tomar en cuenta 2 años después de finalizado el relleno se debe a que durante ese lapso siguen existiendo asentamientos. Los resultados de estos cálculos se muestran en el cuadro 6.

CUADRO 6  
Tierra Nueva I y II  
GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DURANTE EL HORIZONTE DEL  
PROYECTO

AÑO	No. DE HABITANTES	No. DE VIVIENDAS	PESO DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES (Kg.)	PESO ACUMULADO DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES (Kg.)	VOLUMEN ACUMULADO ESTABILIZADO EN CELDAS (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ACUMULADO DEL RELLENO SANITARIO (m <sup>3</sup> )
2003	15,848	3,170	948,641	948,641	1581.07	1,976.34
2004	16,198	3,240	969,606	1,918,247	3197.08	3,996.35
2005	16,556	3,311	991,034	2,909,281	4848.80	6,061.00
2006	16,922	3,384	1,012,936	3,922,217	6537.03	8,171.29
2007	17,296	3,459	1,035,322	4,957,539	8262.57	10,328.21
2008	17,678	3,536	1,058,203	6,015,742	10026.24	12,532.80
2009	18,069	3,614	1,081,589	7,097,331	11828.88	14,786.11
2010	18,468	3,694	1,105,492	8,202,823	13671.37	17,089.21
2011	18,876	3,775	1,129,923	9,332,746	15554.58	19,443.22
2012	19,293	3,859	1,154,895	10,487,640	17479.40	21,849.25

*DATOS UTILIZADOS:*

*Población inicial: 15,505 habitantes (año 2002)*

*Tasa de crecimiento poblacional: 2.21 %*

*Número de miembros por familia: 5*

*Generación de desechos sólidos por familia al año: 299.30 Kg. (ver numeral 2.3.1.2: Análisis de muestras).*

*Densidad de la basura estabilizada en celdas del relleno sanitario: 600 Kg./m<sup>3</sup>*

*Volumen del relleno sanitario: volumen de los desechos estabilizados por un factor de 1.25 asumiendo un 25% de material de cobertura.*

Con la recolección y transporte se pretende atender al 80.49% de la población; en la actualidad (año 2002) la demanda para el proyecto es de 2,496 viviendas y para el último año de operación (año 2012) se proyecta atender a 3,106 viviendas. Si se consideran 156 jornadas de recolección por año (aproximadamente 3 jornadas por semana), se tiene la siguiente cantidad de desechos cada vez que se recolecta:

Peso actual (año 2002) =  $299.3 \text{ kg/viv/año} \times 2,496 \text{ viv}/156 \text{ jornadas/año} / 1000 \text{ kg/ton}$   
= 4.79 toneladas / jornada de recolección

Peso futuro (año 2012) =  $299.3 \text{ kg/viv/año} \times 3,106 \text{ viv} / 156 \text{ jornadas/año} / 1000 \text{ kg/ton.}$   
= 5.96 toneladas / jornada de recolección

Estos resultados son de utilidad para determinar el volumen de desechos generados en cada jornada de recolección y la capacidad del camión recolector.

### 3.2 Localización



La alternativa de localización de determinó ponderando varias áreas en función de su distancia a la comunidad, la dirección de los vientos, las vías de acceso, topografía y su tamaño.

Dentro del área localizada, para confirmar su utilización, se determinó la ubicación del relleno sanitario considerando los siguientes aspectos:

### 3.2.1 Estabilización del suelo

Para determinar la estabilización del suelo evitando pruebas de laboratorio se efectuó un ensayo manual verificando un ángulo aproximado de reposo del suelo de 45 grados.

### 3.2.2 Nivel freático

Tomando en consideración que existe el riesgo potencial de contaminación del agua subterránea, con ayuda de vecinos de la comunidad se excavó un pozo de 4 metros de profundidad en la parte de más bajo nivel del polígono considerado y no se alcanzó el nivel freático.

3.2.3 Otros aspectos considerados son la precipitación pluvial que sirvió de información para el cálculo de la sección de drenaje pluvial, y de lixiviado. Como se verá mas adelante en el diseño del canal trapezoidal.

## 3.3 Manejo de desechos sólidos

Con la ejecución del proyecto se espera llevar a cabo un manejo adecuado de los desechos sólidos domiciliarios generados por las comunidades Tierra Nueva I y II, en condiciones sanitarias adecuadas, procurando que sea auto sostenible en la prestación del servicio.

Para el manejo de los desechos se pretende cumplir con las siguientes etapas:

### 3.3.1 Manejo de desechos sólidos en el lugar de producción

i. Selección del recipiente: Para el manejo de desechos en el domicilio se debe seleccionar un recipiente de tamaño adecuado y previstos de asas para que puedan ser manejados con facilidad, con capacidad máxima de 1000 litros, de forma troncocónica para que puedan ser vaciados con facilidad, con tapadera bien ajustada para evitar la entrada de artrópodos y roedores, resistentes y a prueba de agua, pueden ser plásticos o metálicos. Se deben colocar sobre una base de estructura de metal o madera que separe al recipiente del suelo al menos 30 cm. O bien usar postes con ganchos para colgar los recipientes. Al estar elevados sobre el suelo se reduce la corrosión, se facilita la limpieza, se impide que los roedores se abriguen bajo ellos y se disminuye las posibilidades de vuelco.

ii. Adecuada manipulación de los residuos putrescibles: Es conveniente que los residuos orgánicos de la cocina sean envueltos en papel antes de depositarlos en los recipientes. Con esta medida se reducen los olores desagradables, se disminuye el acceso de las moscas, se reduce la corrosión de los recipientes metálicos y se facilita vaciar los recipientes. Es conveniente poner una bolsa plástica dentro del recipiente que cubra los bordes del mismo, dentro de la bolsa se van depositando los residuos. El recipiente debe tener colocada la tapadera la cual se levanta únicamente

para depositar la basura dentro de la bolsa. Cuando la bolsa esta llena se cierra y se prepara para su recolección.

### 3.3.2 Manejo de desechos en la recolección y transporte

Para la recolección y el transporte se utilizará el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala, que consiste en un circuito de recorrido que abarca el recorrido del parqueo a la primera parada, los recorridos entre paradas, recorrido al área de disposición final y el retorno al parqueo al final de la jornada (ver diseño recolección y transporte: sección 3.4.1)

### 3.3.3. Manejo de desechos sólidos en la disposición final (Relleno Sanitario)

La disposición final se da en el relleno sanitario que consiste básicamente en la disposición de celdas de desechos las cuales tendrán una cobertura de suelo al final de cada jornada de recolección. En el plano 4/6 del anexo 2 se indica los detalles de la formación de una celda. Otras actividades en el relleno sanitario son la recepción de la basura, pudiendo rechazar materiales y desechos que alteren la formación de celdas como desechos voluminosos o demasiado densos o que puedan constituirse en material de reciclaje fácilmente clasificable. Otra actividad importante es el mantenimiento del drenaje del líquido lixiviado y de los gases producidos por las basuras y el drenaje pluvial (ver diseño, relleno Sanitario: numeral 3.4.2). En el plano 5/6 del anexo 2 puede verse en detalle estos aspectos que sirven para la formación y manejo del relleno sanitario.

## 3.4. Diseño

### 3.4.1. Recolección y transporte

Al efectuar cálculos para el diseño de la capacidad en la recolección y transporte, se determinó que se utilizará un camión con capacidad para 15 m<sup>3</sup>, estableciéndose un viaje por jornada, 3 jornadas por semana. Los cálculos en detalle se encuentran a continuación:

#### i. Abreviaturas:

- Q: peso promedio de la basura por parada [Kg.]
- t: tiempo medio por parada incluido el tiempo empleado de ir de una parada a otra [minutos]
- B: tiempo medio de transporte entre la última parada y el sitio de disposición final [minutos]
- D: tiempo de descarga del camión en el sitio de disposición final [minutos]
- K: tiempos improductivos [minutos]
  - Del garaje a la primera parada al inicio de la jornada
  - Del sitio de disposición final de desechos al garaje al final de la jornada de recolección
  - Pérdidas de tiempo accidentales
  - Tiempo usado para mantenimiento del equipo de recolección
- V: volumen de capacidad del camión [m<sup>3</sup>]
- d: densidad de la basura en el camión (en función de la compactación en el camión) [kg/m<sup>3</sup>]
- X: duración de la jornada de trabajo [minutos]
- n: número de viajes en una jornada de trabajo
- a: fracción del volumen del camión utilizado para una carga parcial (último viaje de la jornada)

ii. Datos\*/:

Q = 100 Kg./parada  
t = 4 minutos  
B = 25 minutos  
K = 70 minutos  
d = 320 Kg./m<sup>3</sup> (compactado dentro del camión)  
V = 18 m<sup>3</sup>  
D = 13 minutos  
a = 0.60 (60% de carga parcial para último viaje)

iii. Formula:

$$\begin{aligned} \text{Jornada de Trabajo} &= \text{tiempo de recolección} + \text{tiempo de transporte} \\ &+ \text{tiempo improductivo} + \text{tiempo de descarga} \\ X &= \frac{[n-1+a]Vdt/Q + (2n-1)B + K + nD}{Vdt/Q} \\ &= \text{tiempo de llenado de un camión completo} \\ \text{[minutos]} & \end{aligned}$$

iv. Cálculos

$$\begin{aligned} \text{Peso total anual actual} &= 299.30 \text{ kg/vivienda} \times 3,101 \text{ viviendas} \times 80.49\% \\ &= 747,051.27 \text{ kg/año (80.49\% de las viviendas)} \\ \text{Peso por semana} &= 747,051.27 \text{ kg/año} / 52 \text{ semanas/año} \\ &= 14,366.37 \text{ kg/semana} \\ \text{Peso por jornada} &= 14,366.37 \text{ kg/semana} / 3 \text{ jornadas/semana} \\ &= 4,788.79 \text{ kg/jornada} \\ &= 4.79 \text{ toneladas/jornada} \\ \text{Volumen por jornada} &= 4,788.79 \text{ kg/jornada} / 320 \text{ kg/m}^3 \\ &= 14.9650 \text{ m}^3/\text{jornada} \\ X &= 8 \text{ horas} \\ &= 480 \text{ minutos} \\ \text{Aplicando la fórmula:} & \end{aligned}$$

$$X = \frac{[n-1+a]Vdt/Q + (2n-1)B + K + nD}{Vdt/Q}$$

---

\* /Parámetros adoptados por la Municipalidad de Guatemala

Sustituyendo valores: 480

$$= [n-1+0.6]18*320*4/100 + (2*n -1)25 + 70 + n*13$$

Despejando n:

$$n = 1.96408; \text{ aproximado a 2 viajes}$$

del camión

$$\text{No de viajes/jornada} = \text{volumen por jornada/volumen}$$

$$= 14.9650 \text{ m}^3/18 \text{ m}^3$$

$$= 0.8314 \text{ viajes; aproximado a: 1 viaje}$$

v. Resultados:

- El tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes; el primero con el camión lleno y el segundo con el 60 % de su capacidad.
- Por el volumen de acarreo actualmente se realizaría un viaje por jornada
- La frecuencia de recolección de desechos sólidos será de 3 jornadas por semana
- Se utilizará camión con capacidad de 18 m<sup>3</sup>

Con los resultados de los cálculos, se concluyó que no es conveniente destinar un camión exclusivamente para el proyecto porque estaría subutilizado, por lo que la Municipalidad de Chinautla podrá – dentro de otras opciones – subcontratar el servicio, concesionarlo o bien destinar un camión municipal para el proyecto sólo los días de recolección y los restantes días de la semana para otros proyectos municipales.

### 3.4.2. Relleno sanitario

#### 3.4.2.1. Conformación de celdas

Para la conformación del relleno sanitario se tomó en cuenta el plano topográfico de curvas de nivel, las características y detalles de la formación de celdas, drenaje pluvial, drenaje de líquido percolado (lixiviado), drenaje de gases y todas las obras inherentes al relleno sanitario se pueden apreciar en detalle en el plano 5/6 del anexo 2.

#### 3.4.2.2. Drenaje pluvial

La función del drenaje pluvial es la de interceptar y desviar el escurrimiento de las aguas de lluvia. En su diseño se consideró una sección de forma trapezoidal y sus dimensiones se calcularon utilizando la fórmula racional para caudal de escorrentía y la ecuación de Talbot aplicada a la Meseta Central de Guatemala. Los resultados reflejan el área mínima de sección de canal de 0.23 m<sup>2</sup>, que sirvió de parámetro para establecer las dimensiones de la sección trapezoidal en 30 cm. de base en el fondo,

50 cm. de altura y 1 m de ancho superior, (ver plano 5/6 del anexo 2). Los cálculos para determinar el área y diseñar la sección trapezoidal del drenaje pluvial del relleno sanitario se encuentran a continuación:

i. Abreviaturas

- a: área mínima de sección de canal trapezoidal ( $a = Q/V$ )
- Q: caudal de escorrentía ( $Q = CIA/360$ : fórmula racional)
- $I = 4204/(t+23)$ : [mm/hora] (ecuación de Talbot para la Meseta Central de Guatemala)
- t: tiempo de escorrentía [minutos]
- C: coeficiente de escorrentía según la permeabilidad o infiltración del suelo
- A: Área tributaria del proyecto [hectáreas]
- V: velocidad máxima promedio del caudal de drenaje

ii. Datos, cálculos y resultados

- C = 0.30 factor para terrenos no pavimentados
- t = 17 minutos (Según manual de especificaciones la Dirección General de Obras Públicas. Año 1976)
- $I = 4204/(t+23) = 4204/(17+23) = 105.10$  mm/hora
- A = 1.30 hectáreas
- $Q = CIA/360 = 0.30 \times 105.10 \text{ mm/hr} \times 1.30 \text{ ha} / 360 = 0.114 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- $a = Q/V = 0.114 \text{ m}^3/\text{seg.} / 0.5 \text{ m/seg.} = 0.23 \text{ m}^2.$

Se usará sección trapezoidal de 0.30 m de base en el fondo, 1.00 m de base superior y 0.50 m de altura. Con estas dimensiones se supera el área de sección transversal "a" calculada.

3.4.2.3. Drenaje de líquido percolado (lixiviado)

Para el diseño de drenajes de líquido percolado se tomó como base el caudal de infiltración (ver plano 5/6 del anexo 2). El cálculo de caudal de infiltración para el drenaje de líquido percolado del relleno sanitario se presenta a continuación:

- 0.30: constante que representa el factor de infiltración
- P: precipitación media:
  - P = 1390.4 mm/año
  - A: área del proyecto:
    - A = 1.30 hectáreas
  - Q: caudal de infiltración:
    - $Q = 0.30 P A$
    - $= 0.30 \times 1390.4 \text{ mm/año} \times 1.30$
    - hectáreas
    - $= 9.70 \text{ m}^3/\text{día}$

La captación y conducción del líquido percolado se hará mediante la construcción de una zanja principal paralela al perfil del terreno y zanjas secundarias perpendiculares a ésta, construidas a cada 10 a 15 m, las zanjas tendrán 30 cms de ancho por 0.90 m de profundidad a partir del nivel que se deje

en la preparación del terreno para las celdas del relleno sanitario, la pendiente mínima de las zanjas será del 5%, en las zanjas se construirán pantallas con suelo natural a cada 5 a 10 mts, las pantallas tendrán una sección de 30 cm de ancho por 60 cm. de altura dejando un borde libre de 30 cm. Las zanjas se llenarán con piedra de diámetro 10.16 cms (tamiz de 4") , un diámetro menor puede provocar que se llenen rápido y no cumplan con su función. Sobre las zanjas rellenas de piedras se debe colocar ramas secas o pastos u otro material que permita infiltrar líquidos y obstruya el paso de partículas finas.

#### 3.4.2.4. Drenaje de gases

Está constituido por un sistema de ventilación en piedra, que funcionará a manera de chimeneas que atraviesan verticalmente todas las celdas del relleno desde el fondo hasta la superficie. Su construcción se da durante el proceso de operación del relleno; se construirán a cada 10 a 15 mts en toda la superficie del área a relleno, tendrán un diámetro de 30 cm. y estarán conectadas a los drenajes de lixiviados.

#### 3.4.2.5. Obra civil

Se construirán dos ambientes separados de 18 m<sup>2</sup> para garita de control de ingreso y de 30 m<sup>2</sup> para bodega y administración. Las construcciones se harán con el sistema tradicional de levantado de block de pómez, piso de cemento líquido y techo de lámina de zinc, (ver plano 6/6 del anexo 2).

### 3.5 Calendarización de actividades

A partir del estudio de la presentación del estudio de preinversión y previo a la operación normal se han contemplado las siguientes actividades (diagrama 3):

- i. Fase de preinversión: Revisión del estudio de factibilidad; 2 meses.
- ii. Negociación del proyecto: financiamiento, obtención de autorizaciones legales, contratación de firmas ejecutoras. Este proceso se estima llevarlo a cabo en un mes.
- iii. Ejecución del proyecto: construcción de obras físicas, adquisición de materiales y equipos, montaje de maquinaria y equipo, contratación y capacitación del personal, organización e instalación de la empresa ejecutora. Se estima un periodo de ejecución de 4 meses.
- iv. Operación experimental y puesta en marcha: en periodo de tiempo para llegar a la operación normal prevista se estima en un mes.

DIAGRAMA 3  
Tierra Nueva I y II  
CALENDARIZACION DE ACTIVIDADES

No.	ACTIVIDAD	DURACION (MESES)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Fase de preinversión	■	■						
2	Negociación del proyecto			■					
3	Ejecución del proyecto				■	■	■	■	
4	Operación experimental y puesta en marcha								■

### 3.6 Análisis de costos

Para establecer los costos de inversión y operación de recolección y transporte y para cada obra inherente al relleno sanitario y su operación, se elaboró presupuesto por renglón (ver cuadros 7, 8 y 9). En dichos cuadros se utilizan las abreviaturas siguientes para denotar las dimensionales de cada rubro y cantidad de trabajo: ml: metro lineal; m<sup>2</sup>: metro cuadrado; m<sup>3</sup>: metro cúbico; pt: pie-tabla.

La inversión fija en el relleno sanitario se determinó cuantificando los renglones de trabajo en función del tamaño del relleno sanitario y de la obra civil inherente al mismo; los cálculos se efectuaron con base en la cuantificación de precios unitarios y totales de los renglones de trabajo a ejecutar (ver cuadro 7).

CUADRO 7  
Tierra Nueva I y II  
INVERSION FIJA (Relleno Sanitario)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB TOTAL (Q)
1. terreno				25,000.00
2. Trabajos preliminares (limpia, chapeo y destronque del predio a rellenar)	8500	m <sup>2</sup>	0.40	3,400.00
3. camino acceso interno(188x4 m)				
Corte	564	m <sup>3</sup>	30.00	16,920.00
conformación cunetas	376	ml	9.00	3,384.00
compactación suelo natural	752	m <sup>2</sup>	8.00	6,016.00
balastado compactado	752	m <sup>2</sup>	22.00	16,544.00
4. Trabajos en el perímetro del predio				
Arborización	200	u	30.00	6,000.00
Contra cuneta	400	ml	10.00	4,000.00
Posteado de madera y alambre espigado	400	ml	12.00	4,800.00
Drenaje pluvial perimetral	400	ml	30.00	12,000.00
5. Preparación del terreno para celdas	3600	m <sup>2</sup>	1.50	5,400.00
6. Obra civil				
Caseta de entrada	18	m <sup>2</sup>	800.00	14,400.00
Bodega y área de administración	30	m <sup>2</sup>	800.00	24,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 141,864.00</b>	

*m<sup>2</sup> = metros cuadrados*

*m<sup>3</sup> = metros cúbicos*

*u = unidades*

*ml = metros lineales*

*Fuente: Cálculos propios*

Los costos de administración, operación y mantenimiento del relleno sanitario se calcularon en función de la conformación de celdas y los drenajes de líquido percolado y gases. Los costos totales se calcularon con base en la cuantificación de los precios unitarios de herramienta, equipo y renglones de trabajo que se ejecutaran cada año durante el horizonte del proyecto (ver cuadro 8).

CUADRO 8  
Tierra Nueva I y II  
COSTOS DE ADMINISTRACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Relleno Sanitario)

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB TOTAL (Q)
1. Drenaje de gases				
Piedra bola	3	m <sup>3</sup>	85.00	255.00
Tubería de concreto de 4"	30	unidad	20.00	600.00
Cedazo de arnero	36	m <sup>2</sup>	20.00	720.00
Madera (4" x 2")	36	pt	3.70	133.20
2. Drenaje de liquido percolado				
Excavación	39	ml	30.00	1,170.00
Piedra bola	13	m <sup>3</sup>	75.00	975.00
3. Mano de obra				
Celador	320	hora	9.35	2,992.00
Ayudante	240	hora	7.50	1,800.00
Supervisor	80	hora	12.50	1,000.00
4. Herramienta				
Pala	3	unidad	30.00	90.00
Piocha	3	unidad	48.00	144.00
Orquilla	3	unidad	46.00	138.00
Rastrillo	3	unidad	52.00	156.00
Azadón	3	unidad	5.00	105.00
Carretilla de mano	3	unidad	150.00	450.00
Aplonador manual	3	unidad	100.00	300.00
rodillo compactador manual	1	unidad	1,500.00	1,500.00
5. Equipo de protección personal				
Guantes	37	par	80.00	2,960.00
Botas	6	par	120.00	720.00
Traje protector individual	9	unidad	140.00	1260.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q17,468.20</b>	

Fuente: Cálculos propios

Para determinar los costos de administración operación y mantenimiento en recolección y transporte se efectuaron cálculos con base en los manuales utilizados por la municipalidad de Guatemala (ver cuadro 9).



CUADRO 9  
Tierra Nueva I y II  
COSTOS DE OPERACIÓN, ADMINISTRACION Y MANTENIMIENTO (Recolección y Transporte)

ACTIVIDAD	FORMULA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	SUB- TOTAL (Q)
1. Recolección	$(Vdt/Q)n$	191.55	minutos	2.55	488.46
2. Transporte	$(2n-1)B$	25.00	minutos	2.98	74.50
3. Descarga	$Nd$	13.00	minutos	2.13	27.69
4. Improductivos	$K$	70.00	minutos	1.70	119.00
SUMA		299.55	minutos		
(-) jornada de Trabajo		480.00	minutos		
Tiempo sobrante no usado		180.45	minutos	1.28	230.97
Costo de operación camión/día					940.62
Salarios/día/camión					409.28
Costo total camión(Recolección y transporte)		1	Jornada		1,349.90
COSTO ANUAL (recolección y transporte)		156	Jorn/año	1,349.90	210,584.48
Costo unitario = Q 1,349.90/jornada / 4.79 toneladas/jornada = Q 281.89 / tonelada					

DATOS UTILIZADOS Y CALCULOS EFECTUADOS DE BASE PARA DETERMINAR EL COSTO ANUAL EN RECOLECCION Y TRANSPORTE:

$Q = 100 \text{ Kg./parada}$

$t = 4 \text{ minutos}$

$B = 25 \text{ minutos}$

$K = 70 \text{ minutos}$

$d = 320 \text{ Kg. /m}^3 \text{ (compactado dentro del camión)}$

$V = 15 \text{ m}^3$

$D = 13 \text{ minutos}$

$a = 0.60 \text{ (60\% de carga parcial para último viaje)}$

$n = 1 \text{ viaje}$

$X = 480 \text{ minutos}$

Peso actual por jornada recolección: 4.79 toneladas/jornada

Tiempo de recolección:  $(Vdt/Q)n = (15\text{m}^3 \times 320\text{kg/m}^3 \times 4\text{minutos} / 100\text{kg/parada})1\text{viaje} = 192 \text{ minutos}$

Tiempo de transporte:  $(2n-1)B = (2 \times 1\text{viaje} - 1)25\text{minutos} = 25 \text{ minutos}$

Tiempo de descarga:  $nD = 1\text{viaje} \times 13\text{minutos} = 13 \text{ minutos}$

Los datos y cálculos anteriores se basaron en estimaciones efectuadas en el diseño de recolección y transporte (ver numeral 3.4.1). El resultado obtenido de costo anual de recolección y transporte sirve para incluirlo en la estimación del costo de operación del proyecto.

Del cuadro 9 anterior se puede plantear una función de costo anual de recolección y transporte  $C_t$  de la siguiente manera:

$$C_t = \frac{[(vdt/Q)/n(2.55) + (2n-1)B(2.95) + nD(2.13) + K(1.70)]}{+ \{X - (vdt/Q)n - (2n-1)B - nD - K\}1.28 + 409.28]156}$$

Sustituyendo valores constantes:

$$C_t = \frac{[(v320(4)/100)/n(2.55) + (2n-1)25(2.95) + n13(2.13) + 70(1.70)]}{+ \{480 - (v320(4)/100)n - (2n-1)25 - n13 - 70\}1.28 + 409.28]156}$$

Simplificando:

$$Ct = 2535.936vn + 14983.8n + 157650.48$$

Esta ecuación es útil para calcular el flujo de fondos en el ámbito de costos para el horizonte del proyecto, debido a que a lo largo del mismo tanto, el volumen "v" como el número de viajes "n" variará; de esa cuenta, la ecuación se utiliza en el cuadro 10 siguiente para calcular el costo anual de recolección y transporte. En el mismo cuadro se utiliza como base la cifra calculada en el Cuadro 8 de Q 17,468.20 para el año 2002, para proyectar los costos de administración, operación y mantenimiento del relleno sanitario durante el horizonte del proyecto, en proporción al crecimiento de la población (tasa de crecimiento de 2.21% anual). Con lo anterior se tiene los costos anuales durante el horizonte del proyecto.

CUADRO 10  
Tierra Nueva I y II  
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO  
(Recolección, transporte y relleno sanitario)

Año	Demanda (No. Viviendas)	Peso en kg. por jornada	Volumen en camión por jornada	N	Costo anual por recolección y transporte (Q)	Costo anual por operación del relleno sanitario (Q)	Costo total anual (Q)
2003	2551	4894.62	15.30	1	211,423.18	17,854.25	229,277.43
2004	2608	5002.79	15.63	1	212,280.42	18,248.83	230,529.25
2005	2665	5113.36	15.98	1	213,156.60	18,652.13	231,808.72
2006	2724	5226.36	16.33	1	214,052.14	19,064.34	233,116.48
2007	2784	5341.86	16.69	1	214,967.48	19,485.66	234,453.14
2008	2846	5459.92	17.06	1	215,903.04	19,916.29	235,819.33
2009	2909	5580.58	17.44	1	216,859.28	20,356.44	237,215.72
2010	2973	5703.91	17.82	1	217,836.65	20,806.32	238,642.97
2011	3039	5829.97	18.22	2	280,020.77	21,266.14	301,286.91
2012	3106	5958.81	18.62	2	282,062.87	21,736.12	303,798.99

Fuente: elaboración propia.

El costo total de administración, operación y mantenimiento para el proyecto con sus dos componentes (relleno sanitario y recolección transporte) es de Q228,052.68 (ver cuadro 11). Esta cifra también representa la inversión en capital de trabajo para poder operar durante el primer año del proyecto por lo que se incluye en la inversión total (ver cuadro 13 del estudio financiero) y en consecuencia también se incluye en el cálculo del valor residual para el final del horizonte del proyecto, dado que al final de cada año de operación se proyecta un ahorro equivalente al monto del capital de trabajo, que al final del horizonte del proyecto debe estar disponible como valor residual (ver cuadro 12).

La razón de considerar el capital de trabajo en el valor residual se puede explicar a partir de su comportamiento en proyectos sensibles a cambios estacionales en los cuales pueden producirse aumentos y disminuciones en distintos periodos, considerándose estos últimos como recuperación de la inversión. Para el caso del proyecto de manejo de desechos sólidos, el capital de trabajo tiene carácter

de una inversión permanente. En consecuencia, para efectos de la evaluación del proyecto, el capital de trabajo inicial constituirá una parte de las inversiones de largo plazo que sólo se recuperará cuando el proyecto deje de operar (típicamente al final de la vida útil o el horizonte del proyecto)<sup>1</sup>.

CUADRO 11  
Tierra Nueva I y II  
INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO  
(Sistema de Recolección y Transporte y Relleno sanitario)

CONCEPTO	Sub-Total (Q)
Administración operación y mantenimiento relleno sanitario	17,468.20
Administración operación y mantenimiento recolección y transporte	210,584.48
ADMINISTRACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	228,052.68
INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (año 2002)	228,052.68

*Fuente: Cálculos propios; Cuadros 8 y 9*

*El valor residual* se estimó como el valor de mercado del terreno recuperado o rellenado, tomando en cuenta solo la parte nivelada en su altura máxima que es el área superior de la celda última en rellenar de aproximadamente 1,175 m<sup>2</sup>. Esta área será de usos limitados porque aún después de 2 años de concluido el relleno podrían ocurrir asentamientos y sólo podrá destinarse para áreas deportivas o de recreo, predios de vehículos o almacenamientos al aire libre. Se estima que el área podría rentarse por un monto de Q 15,000.00 anuales (Q 1,250.00 mensuales), cantidad que dividida por el costo de oportunidad adoptado para el proyecto (12%), da como resultado un valor residual estimado de Q 125,000.00 para el terreno recuperado o nivelado. La obra civil con una inversión estimada en Q 38,400.00 tiene un valor residual del 50% (Q 19,200) al final del horizonte del proyecto de 10 años, considerando una vida útil de la construcción de 20 años. El capital de trabajo se establece en un monto de Q 228,052.68. Con las cifras anteriores se tiene un valor residual total de Q 372,252.68. Los datos del valor residual se resumen en el cuadro 12.

CUADRO 12  
Tierra Nueva I y II  
VALOR RESIDUAL  
(Recolección, Transporte y Relleno Sanitario al final del horizonte del proyecto)

CONCEPTO	Sub-Total (Q)
1. Terreno recuperado (nivelado: 1,175 m <sup>2</sup> )	125,000.00
2. Obra civil (50% de la inversión: vida útil 20 años; uso 10 años)	19,200.00
3. Capital de trabajo	228,052.68
VALOR RESIDUAL TOTAL	Q 372,252.68

*Fuente: elaboración propia; cuadros 7 y 10*

## CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO

En el estudio técnico se determinó que las colonias Tierra Nueva I y II manifiestan una baja producción de desechos sólidos (2.54 toneladas por día) lo que por sí solo no justifica la

<sup>1</sup> Este criterio es recomendado por Sapag Chain en “preparación y evaluación de proyectos” y por Karen Marie Mokate en “evaluación financiera de proyectos de inversión”.

implementación de una planta de reciclaje para la recuperación de los materiales comercializables. Se requiere el aporte de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II para lograr la rentabilidad económica de la instalación y operación. La condición anterior se convirtió en el factor determinante en la toma de decisión para la alternativa técnica viable de disposición final de los desechos sólidos en un Relleno Sanitario.

En cuanto a la composición de los desechos, los desechos orgánicos representan el mayor porcentaje (72.60%) condición que al momento de implementar una planta de reciclaje podría hacer viable la implementación de una planta de compostaje. El tamaño del relleno sanitario se estimó con base en la cantidad de desechos generados durante el horizonte del proyecto (10 años) resultando en un volumen de 21,849.25 m<sup>3</sup>. La alternativa de localización se determinó ponderando diferentes áreas en función de su distancia a la comunidad, dirección de los vientos, vías de acceso, topografía y tamaño; en consecuencia de lo anterior, se diseñó el relleno sanitario para ser implementado en un área ubicada en el sector La Fragua de la colonia Tierra Nueva I.

El diseño de la recolección y transporte de desechos sólidos se efectuó aplicando el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala el cual – dentro de otros resultados – estableció que el tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes con camión de capacidad de 18 m<sup>3</sup>.

#### IV. ESTUDIO FINANCIERO

En este estudio se ordena la información contable proporcionada por los estudios anteriores, mediante el análisis de dicha información se determina la viabilidad financiera del proyecto.

La viabilidad financiera se calcula al aplicar los indicadores VANF, TIRF Y Relación Beneficio-Costo financiera a los flujos de fondos proyectados durante el horizonte del proyecto.

##### 4.1 Inversión

Representa el monto monetario inicial para la adquisición de los elementos y recursos necesarios para implementar la nueva unidad de servicio.

La inversión inicial se determina mediante el plan de Inversión, el cual programa la utilización de los recursos disponibles distribuyéndolos en tres rubros; preinversión, inversión fija y capital de trabajo.

- i. Preinversión: los gastos previos a poner en marcha el funcionamiento del proyecto tales como: investigación y estudios se han estimado en un monto de Q 45,000.00 (10.85 % de la inversión total del proyecto, ver cuadro 13). Para el caso de licencias, patentes, gastos administrativos y asistencia técnica, serán proporcionados por la Municipalidad de Chinautla.
- ii. Inversión fija: determina el monto en la adquisición de activos fijos y bienes de capital necesarios para iniciar las operaciones en la prestación del servicio. El monto total de la inversión fija para la implementación del relleno sanitario representa el 34.19 % de la inversión total (Q 141,864.00, ver cuadros 7 y 13).
- iii. Inversión en capital de trabajo: el monto de recursos monetarios adicionales necesarios para iniciar el funcionamiento del sistema de recolección y transporte es de Q 210,584.48 y para el relleno sanitario ascienden a Q 17,468.20; que en conjunto suman Q 228,052.68 (54.96 % de la inversión total) que corresponde a la inversión en capital de trabajo necesaria para la operación de un año normal (ver cuadros 11 y 13).

La inversión total que se integra por el total de recursos monetarios necesarios para poner en funcionamiento el sistema de recolección y transporte y en servicio el relleno sanitario asciende a Q 414,916.88 conformados por los montos de Q 141,864.00 en inversión fija, Q 45,000.00 en preinversión y Q 228,052.68 en capital de trabajo, como se muestra en el cuadro 13.

CUADRO 13  
Tierra Nueva I y II  
INVERSION TOTAL  
(Recolección, transporte y Relleno Sanitario)

CONCEPTO	Porcentaje	Sub-Total (Q)
1. Preinversión	10.85%	45,000.00
2. Inversión fija	34.19%	141,864.00
2. Capital de trabajo	54.96%	228,052.68
INVERSION TOTAL	100.00%	Q 414,916.68

Fuente: Cálculos Propios en base a Cuadros 7,10 y 11 del estudio técnico

En el cuadro anterior se describe la integración de la inversión total, consistentes en un 10.85% en gastos de preinversión, un 34.19% en inversión fija, y un 54.96% en gastos en capital de trabajo; este rubro es el más elevado ya que el componente de recolección y transporte de los desechos resulta ser más costoso por su administración operación y mantenimiento, ver cuadro 11 en el estudio técnico.

#### 4.2 Costos de funcionamiento

Los costos de operación, administración y mantenimiento para poder atender la generación de desechos sólidos domiciliarios en la recolección, transporte y su disposición final en el relleno sanitario suman Q 228,052.68 (ver cuadro 11 en el estudio técnico).

##### 4.2.1 Recolección y transporte

El costo de recolectar y transportar anualmente los desechos sólidos ascienden a un total de Q 210,584.48 anuales actualmente, que representa manejar los desechos generados por el 80.49 % de la población actual con los siguientes indicadores: 747,051.27 kg/año (747 toneladas métricas aproximadamente, ver demanda actual numeral 2.3.1.2) a un costo unitario de Q 281.89/ tonelada (ver cuadro 9). Estos costos se proyectan con un aumento durante el horizonte del proyecto en proporción al aumento de la población.

##### 4.2.2 Relleno sanitario

La administración, operación y mantenimiento del relleno sanitario actualmente requiere el monto de Q 17,468.20 (ver cuadro 8) con el cual se atendería al 100% de los desechos producidos en las colonias Tierra Nueva I y II (928,129.30 kg/año generados por la población total actual constituida en 3,101 familias y los costos se proyectan también en aumento proporcional al aumento de la población durante el horizonte del proyecto (ver análisis de muestras, numeral 2.3.1.2)

#### 4.3 Ingresos

El flujo de ingresos por concepto del cobro de una tarifa de Q 10.00 mensual por familia a atender, asciende a un total de Q 306,138.77 anual al año 2003 (primer año del horizonte del proyecto). Los ingresos en los posteriores años tenderán a incrementarse conforme aumenta el número de familias a atender (ver cuadro 14).

CUADRO 14  
Tierra Nueva I y II  
INGRESOS ANUALES  
(Cuotas de Q 10.00 por vivienda atendida)

AÑO	POBLACION TOTAL (NUMERO DE HABITANTES)	DEMANDA TOTAL (100% DE VIVIENDAS)	DEMANDA PROYECTO (80.49% VIVIENDAS)	INGRESO ANUAL DEL PROYECTO (En miles de Q)
2003	15,848	3,170	2,551	306
2004	16,198	3,240	2,608	313
2005	16,556	3,311	2,665	320
2006	16,922	3,384	2,724	327
2007	17,296	3,459	2,784	334
2008	17,678	3,536	2,846	341
2009	18,069	3,614	2,909	349
2010	18,468	3,694	2,973	357
2011	18,876	3,775	3,039	365
2012	19,293	3,859	3,106	373

*Fuente: Cálculos propios con base en resultados de cuadros 1 y 5 del estudio de mercado.*

Tomando como promedio cinco habitantes por vivienda, el cuadro anterior muestra el total de la población que se atenderá a lo largo de los diez años de horizonte del proyecto; así por ejemplo en el año 2003 de los 15,848 habitantes de población, que conforman 3,170 familias, se espera atender un 80.49%, es decir 2551 familias; a partir del primer año el número de viviendas atendidas crece en la misma proporción que la población, un 2.21% anual, así en el año 2012 se espera atender a 3,106 familias. El ingreso anual es el resultado de multiplicar la tarifa de Q 10.00 por el número de familias atendidas en cada año; en el año 2003 se espera un ingreso en miles de quetzales de 306.90, el cual se incrementa anualmente en el mismo porcentaje en que crece la población (2.21%).

#### 4.4 Estado de resultados

El resultado de las operaciones contables en cada año de vida del proyecto (se presenta en cuadro 15) establece utilidades para todos los años del horizonte del proyecto.

Los costos de funcionamiento aumentarán durante el horizonte del proyecto, en proporción con el aumento en la generación de los desechos sólidos.

CUADRO 15  
Tierra Nueva I y II  
ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO  
(Cifras en miles de quetzales)

CONCEPTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	306.14	312.90	319.82	326.89	334.11	341.50	349.04	356.76	364.64	744.95 *
Costos	-229.28	-230.53	-231.81	-233.12	-234.45	-235.82	-237.22	-238.64	-301.29	-303.80
RESULTADO	76.86	82.38	88.01	93.77	99.66	105.68	111.83	118.11	63.35	441.15

*NOTA: \* en el ingreso del año 10 se incluyó Q.372,252.68 de valor residual.*

*Fuente: Cuadros 10 y 14*

## 4.5 Evaluación financiera

A través de la evaluación financiera se determina la rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto. Para llevarla a cabo se parte del flujo neto de fondos del cual se determina el valor actual neto financiero (VANF), la tasa interna de retorno financiera (TIRF) y la relación financiera beneficio costo (B/C).

### 4.5.1 Flujo de fondos

Esta herramienta permite proyectar el movimiento de flujos monetarios que se presentarán en cada uno de los años del horizonte del proyecto (ver cuadro 16).

CUADRO 16  
Tierra Nueva I y II  
FLUJO DE FONDOS FINANCIERO  
(Cifras en quetzales)

Año	Inversión	Ingresos	Valor Residual	Costos	Flujo Neto
0	(414,916.68)				(414,916.68)
1		306,138.77		(229,277.43)	76,861.34
2		312,904.43		(230,529.25)	82,375.19
3		319,819.62		(231,808.72)	88,010.90
4		326,887.63		(233,116.48)	93,771.16
5		334,111.85		(234,453.14)	99,658.72
6		341,495.72		(235,819.33)	105,676.39
7		349,042.78		(237,215.72)	111,827.06
8		356,756.62		(238,642.97)	118,113.65
9		364,640.95		(301,286.91)	63,354.04
10		372,699.51	372,252.68	(303,798.99)	441,153.21

Fuente: Cuadros 10, 12 y 13

### 4.5.2 Valor Actual Neto Financiero (VANF)

Los resultados de la actualización de los flujos netos a distintas tasas de interés desde cero hasta el 40% se presentan en cuadro 17. Los resultados de la evaluación determinada con los cálculos efectuados indican que el proyecto es autofinanciable. El valor actual neto financiero es Q 214,878.80 utilizando la tasa del 12% (costo de oportunidad adoptado para la evaluación del proyecto) \*/

### 4.5.3 Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF)

La tasa interna de retorno del proyecto, se determinó a 21.15%. Esta tasa influye en la recuperación de la inversión durante el horizonte del proyecto (ver numeral 4.5.6 y cuadro 19).

\* /Tasa de interés común en costos de oportunidad de capital en obras de tipo gubernamental considerando que generalmente los créditos otorgados por los organismos financieros internacionales fijan una tasa de interés anual que oscila entre el 9 % y 12 %.



#### 4.5.4 Relación financiera Beneficio/Costo (B/C)

La comparación entre los ingresos monetarios y los costos monetarios actualizados se presenta en el cuadro 17. La relación B/C se comporta mayor que la unidad en diferentes tasas de actualización considerados en el análisis. La relación B/C es de 1.121 para la tasa de actualización de 12%.

CUADRO 17  
Tierra Nueva I y II  
VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO Y RELACION BENEFICIO/COSTO FINANCIERA

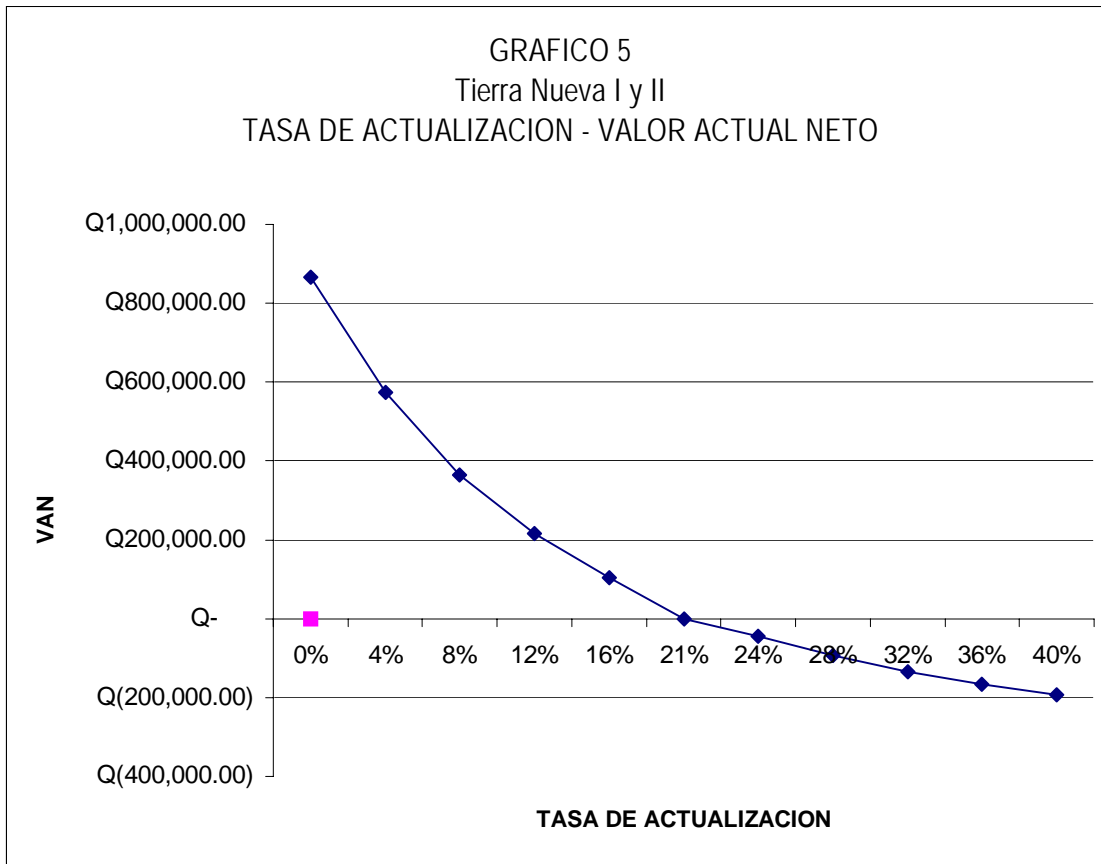
TASA DE ACTUALIZACION	VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO (Cifras en Q)	RELACION FINANCIERA BENEFICIO COSTO
0%	865,884.95	1.300
4%	572,798.93	1.238
8%	365,180.48	1.178
COP = 12%	214,878.80	1.121
16%	103,814.69	1.066
20%	20,139.98	1.014
TIRf = 21.1478138%	0.00	1.000
24%	(44,059.64)	0.966
28%	(94,167.04)	0.921
32%	(133,906.59)	0.879
36%	(165,897.34)	0.840
40%	(192,009.76)	0.804

*COP = Costo de oportunidad del capital adoptado para el proyecto*

*TIRf = Tasa interna de retorno calculada para el proyecto*

*Fuente: Cálculos propios con base en flujo de fondos del cuadro 16.*

En el cuadro 17, anterior, puede observarse que el valor actual neto es muy sensible a las variaciones de la tasa de actualización. Al variar la tasa de actualización del 12% al 16% el valor actual neto se reduce de Q 214,878.80 a Q 103,814.69. Para caso de este estudio de calcula una Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF) del 21.14%, valor que se sitúa arriba de la tasa de interés usada para calcular el VANF (12%), lo cual resulta ventajoso para el estudio, porque permite un margen de maniobra de nueve puntos en tasa de interés. En la relación B/C no se observan variaciones sustantivas frente las variaciones de la tasa de actualización.



Fuente:

Datos tomados del Cuadro 17

Los resultados del cuadro 19 se visualizan en el gráfico 5 en el que se describe el comportamiento de la curva tasa de actualización/valor actual neto. En dicho comportamiento se aprecia la sensibilidad del valor actual neto, siendo más sensible a incrementarse con tasas de actualización cercanas a cero, y es menos sensible con tasas cercanas a la tasa interna de retorno (21.14%).

#### 4.5.5 Análisis punto de equilibrio

Para el análisis se considera la ecuación de costo de recolección y transporte analizada en la sección 3.6 (Análisis de costos):

$$Ct = 2535.936vn + 14983.8n + 157650.48$$

A esta ecuación se suma el costo de operación del relleno sanitario: Q 17,468.20 para tener el costo total (CT):

$$CT = 2535.936vn + 14983.8n + 157650.48 + 17468.20$$

$$= 2535.936vn + 14983.8n + 175,118.68$$

El volumen  $v = W/320$ ; donde:  $W$  es el peso de los desechos producidos por las viviendas que representan la demanda del proyecto:

$W = Q \times 299.3/156$ ; donde:  $Q$  es el número de viviendas que representa la demanda del proyecto, 299.3 es la cantidad generada de desechos en kg/vivienda/año y 156 es la cantidad de jornadas de recolección /año

En la ecuación;  $n$  es el número de viajes/jornada (para efecto de análisis se considera la situación actual con  $n = 1$  viaje

Sustituyendo valores en la ecuación de costo total:

$$CT = 2535.936(Q \times 299.3/156/320)1 + 14983.8(1) + 175118.68$$

$$= 15.20444Q + 190102.48$$

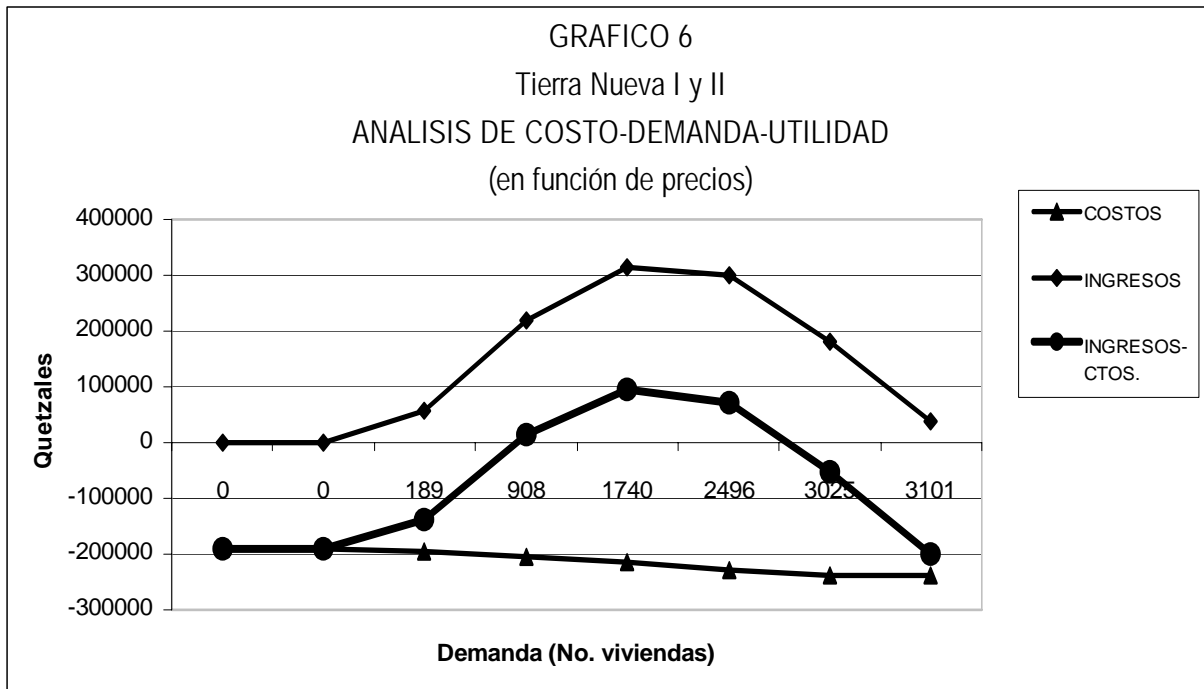
Con esta ecuación se tiene el costo total anual  $CT$  en función de la demanda  $Q$ . Los datos para los ingresos se obtienen del Cuadro 5 y se relaciona con los costos en el Cuadro 18 siguiente:

CUADRO 18  
Tierra Nueva I y II  
Ingresos y costos por año en función de la tarifa mensual por recolección y transporte

PRECIO MENSUAL POR FAMILIA (Q)	NUMERO VIVIENDAS ATENDIDAS	% DE VIVIENDAS ATENDIDAS	INGRESO MENSUAL (Q)	INGRESO ANUAL (Q)	COSTO ANUAL (Q)	RESULTADO INGRESOS - COSTOS (Q)
1.00	3101	100.00%	3,101.00	37,212.00	-237251.45	- 200,039.45
5.00	3025	97.56%	15,126.68	181,520.14	-236101.01	- 54,580.88
10.00	2496	80.49%	24,959.95	299,519.39	-228052.69	71,466.70
15.00	1740	56.10%	26,094.92	313,138.98	-216553.05	96,585.93
20.00	908	29.27%	18,153.25	217,839.05	-203902.98	13,936.06
25.00	189	6.10%	4,729.03	56,748.30	-192978.57	-136,230.27
30.00	0	0%	-	-	-190102.48	-190,102.48
50.00	0	0%	-	-	-190102.48	-190,102.48

FUENTE: Elaboración propia, encuesta del proyecto

En el cuadro 18, anterior, se presenta las datos del cuadro 5 del estudio de mercado en donde se establecen los ingresos del proyecto en función de las variaciones de la tarifa por recolección de desechos y sus correspondientes demandas. Las columnas 5 y 6 del cuadro 18 muestran los ingresos anuales y los costos anuales respectivamente; en la última columna se muestran las diferencias entre ingresos y costos, alcanzándose el máximo valor (Q 96,585.93) en una tarifa mensual por familia de Q15.00; en el gráfico 6 se pueden apreciar las curvas de costos, ingresos y resultados en función de la tarifa por recolección y demanda.



FUENTE: Elaboración propia con base en datos de cuadro 18

En la curva de resultados (ingresos-costos) del gráfico 6 anterior se muestra que el punto de equilibrio se alcanza en la demanda de 2,775 y 835; determinándose utilidad al atender cualquier demanda dentro de estos extremos y pérdida fuera de ellos. La maximización de ingresos se obtiene al fijar la tarifa de Q15.00 mensuales por vivienda que corresponde a una demanda de 1,740 viviendas que solo representa el 56.10% de la demanda total; no obstante lo anterior, se fijó para el proyecto una tarifa mensual de Q10.00 que atiende una demanda significativa (80.49%) y los resultados que genera (ingresos-costos) se establecen cercanos a la maximización.

La decisión de fijar una tarifa de Q.10.00 mensuales por vivienda aún y cuando no representa la maximización del resultado de ingresos menos costos, obedece a la razón fundamental tomada en cuenta en el análisis que se basa en el hecho potencial que el proyecto no provocará un impacto positivo apreciable en el largo plazo si no atiende a un porcentaje significativo de la población.

#### 4.5.6 Recuperación de la inversión

Tomando en cuenta que los costos no son constantes durante el horizonte del proyecto y a su incremento anual no se le puede aplicar un gradiente constante debido a que los costos no tienen un alza con tasa constante; por lo tanto, para tener una ilustración sobre la recuperación de la inversión, se tabularon flujos acumulados actualizados a las tasas de costo de oportunidad de capital adoptado (COC = 12%) y tasa interna de retorno (TIRF = 21.15%).

Al final del año 7, el capital invertido (Q 414,916.68) se habrá recuperado aplicando el 12% de tasa de actualización y en ese momento se tendrá un valor residual de Q 348,012.68.

CUADRO 19  
Tierra Nueva I y II  
RECUPERACION DE CAPITAL  
(cifras en quetzales)

Año	Flujo neto	Flujos netos actualizados acumulados a 0 %	Flujos netos actualizados acumulados a TIR = 21.15%	Flujos netos actualizados acumulados a COC = 12 %	Valor residual al final del año indicado
0	-414,916.68	-414,916.68	-414,916.68	-414,916.68	291,452.68
1	76,861.34	-338,055.35	-351,472.42	-346,290.49	299,532.68
2	82,375.19	-255,680.16	-295,346.27	-280,621.50	307,612.68
3	88,010.90	-167,669.26	-245,848.04	-217,977.08	315,692.68
4	93,771.16	-73,898.11	-202,316.21	-158,383.81	323,772.68
5	99,658.72	25,760.61	-164,127.29	-101,834.78	331,852.68
6	105,676.39	131,437.00	-130,701.28	-48,295.83	339,932.68
7	111,827.06	243,264.06	-101,504.31	2,289.05	348,012.68
8	118,113.65	361,377.71	-76,049.17	49,993.17	356,092.68
9	63,354.04	424,731.75	-64,778.91	72,839.27	364,172.68
10	441,153.21	865,884.95	0.00	214,878.80	372,252.68

Fuente: Cálculos propios, con base al cuadro 16

En el cuadro 19 se puede apreciar que con tasa de actualización cero (0%), la inversión se recupera durante el quinto año de operación del proyecto dejando un valor residual al final de ese año de Q 331,852.68. Al aplicar la tasa de actualización del doce por ciento (COC) se logra recuperar la inversión durante el séptimo año de operación y al final del año se tiene un valor residual de Q 348,012.68.

#### 4.5.7 Análisis de sensibilidad

En el cuadro 20 se muestra el análisis de sensibilidad; el cual establece para una tasa de actualización de 12% (costo de oportunidad adoptado): un Valor Actual Neto positivo ante un incremento del 10% en costos, como también ante un decremento en 10 % de los ingresos; sin embargo, cuando simultáneamente se da un incremento en los costos en 10% y un decremento en los ingresos en 10% se tiene un resultado de Valor Actual neto negativo.

En los casos extremos en cuanto a límites de rentabilidad cuando la Tasa Interna de Retorno desciende y se iguala al costo de oportunidad (12%), el Valor Actual Neto del proyecto es nulo y dichos extremos pueden darse al ocurrir los siguientes cambios – dentro de otras modificaciones – en los costos e ingresos:

- i. Cuando se da un incremento del 15.75 % en los costos y los ingresos permanecen en el nivel del escenario proyectado o esperado.
- ii. Cuando se da un decremento del 10.77 % en los ingresos y los costos permanecen en el nivel del escenario esperado.
- iii. Cuando se da un incremento del 6.40 % en los costos y un decremento del 6.4 % en los ingresos.

Del análisis anterior se concluye que el proyecto es más sensible a los cambios a la baja en los ingresos que al incremento en los costos.

**CUADRO 20**  
**Tierra Nueva I y II**  
**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**  
**(Recolección, Transporte y Relleno sanitario)**  
**(Cifras en miles de quetzales)**

Años	COSTOS		INGRESOS			Flujo Neto (Benef- Ctos)	costos		ingresos		Flujo neto	
	Inversiones	ANUAL	ANUAL	Rescate	Total		,+10 %	,-10 %	Costos +10%	Benefic -10%	C+10% Y B-10%	
0	414.92					-414.92	0.00	0.00	-414.92	-414.92	-414.92	
1		229.28	306.14		306.14	76.86	252.21	275.52	53.93	46.25	23.32	
2		230.53	312.90		312.90	82.38	253.58	281.61	59.32	51.08	28.03	
3		231.81	319.82		319.82	88.01	254.99	287.84	64.83	56.03	32.85	
4		233.12	326.89		326.89	93.77	256.43	294.20	70.46	61.08	37.77	
5		234.45	334.11		334.11	99.66	257.90	300.70	76.21	66.25	42.80	
6		235.82	341.50		341.50	105.68	259.40	307.35	82.09	71.53	47.94	
7		237.22	349.04		349.04	111.83	260.94	314.14	88.11	76.92	53.20	
8		238.64	356.76		356.76	118.11	262.51	321.08	94.25	82.44	58.57	
9		301.29	364.64		364.64	63.35	331.42	328.18	33.23	26.89	-3.24	
10		303.80	372.70	372.25	744.95	441.15	334.18	670.46	410.77	366.66	336.28	
TOTAL	414.92	2475.95	3384.50	372.25	372.25	865.88	2,723.54	3,381.08	618.29	490.21	242.62	

TABLA DE VALORES ACTUALIZADOS

Tasas actualización	X	0%	5%	9%	10%	12%	15%	20%	21.1478%	22%
Benef. actualizados	Y'	3,756.75	2,819.10	2,296.08	2,188.08	1,994.09	1,749.38	1,435.14	1,375.84	1334.38
Costos actualizados	Y''	2,475.95	1,889.99	1,558.09	1,488.99	1,364.29	1,205.83	1,000.08	960.92	933.48

INDICES DE RENTABILIDAD

Tasa interna retorno	TIR (f)	21.15%								
Relación beneficio/costo.	B/C (f)	1.30	1.22	1.16	1.15	1.12	1.08	1.01	1.00	0.99
Valor actual neto	VAN (f)	865.88	514.20	323.07	284.18	214.88	128.63	20.14	0.00	-14.01

INCREMENTO EN COSTOS DEL 10 %

Tasa interna retorno	TIR (f)	15.39%								
Relación beneficio/costo.	B/C (f)	1.20	1.13	1.08	1.07	1.04	1.0046	0.95	0.9347	0.9255
Valor actual neto	VAN (f)	618.29	325.20	167.26	135.28	78.45	8.05	-79.87	-96.09	-107.36

REDUCCION EN BENEFICIOS DEL 10 %

Tasa interna retorno	TIR (f)	12.69%								
Relación beneficio/costo.	B/C (f)	1.17	1.10	1.05	1.03	1.01	0.97	0.91	0.90	0.89
Valor actual neto	VAN (f)	490.21	232.29	93.47	65.37	15.47	-46.31	-123.37	-137.58	-147.45

INCREMENTO EN COSTOS DEL 10 % Y REDUCCION EN BENEFICIOS DEL 10 %

Tasa interna retorno	TIR (f)	6.47%								
Relación beneficio/cto.	B/C (f)	1.08	1.02	0.97	0.96	0.94	0.90	0.85	0.84	0.83
Valor actual neto	VAN (f)	242.62	43.29	-62.34	-83.53	-120.96	-166.89	-223.38	-233.68	-240.80

Fuente: Cálculos propios, cuadros 17 y 18

## CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO

En el estudio financiero se determinó la rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto (Q 414,916.68 en inversión); se estableció que el proyecto presenta un valor actual neto financiero de Q 214,878.8, una tasa interna de retorno de 21.15% y una relación financiera B/C 1.462. Estos resultados aunados con los resultados del análisis del punto de equilibrio, recuperación del capital invertido y análisis de sensibilidad determinan la viabilidad financiera del proyecto.

## V. ASPECTOS AMBIENTALES

### 6.1 Identificación de los impactos potenciales al medio afectado

La identificación de impactos potenciales que la ejecución y operación del proyecto ocasionará al medio ambiente se efectuó con base en la matriz de impactos ambientales (ver anexo 1), descritos de la siguiente manera:

#### 6.1.1 Efectos físicos y químicos

- i. En el agua: se deteriorará la calidad del agua superficial porque estará expuesta al contacto con los desechos y se tornará en ácido lixiviado; la calidad del agua subterránea variará negativamente al tener demasiada infiltración el suelo.
- ii. En el suelo: se provocará erosión del suelo con los movimientos de tierra en la construcción y durante la operación del relleno sanitario. La calidad del suelo se alterará al mezclarse con ácido lixiviado.
- iii. En la atmósfera: la calidad del aire se verá afectada por las partículas nocivas arrastradas por el viento

#### 6.1.2 Efectos estéticos

- i. Apariencia del aire: el aire se verá brumoso al no dar un tratamiento oportuno a los desechos.
- ii. Olor: se hará sentir mal olor por la descomposición de desechos.

#### 6.1.3 Efectos económicos

- i. Empleo y mano de obra: Se generará empleo y mano de obra en la construcción y operación.
- ii. Salud pública: podría verse afectada negativamente la salud de las personas que participen en la operación del proyecto y las que habiten en áreas cercanas a la ubicación del relleno sanitario si éste no es manejado adecuadamente, tomando en cuentas las medidas de mitigación propuestas en el numeral 6.2 siguiente.

### 6.2 Medidas de mitigación

Identificados los riesgos y amenazas con base en la matriz utilizada, las medidas de mitigación propuestas a continuación, se establece implementarlas con base en las características del proyecto en dos etapas:

#### 6.2.1 Etapa de construcción del proyecto

- i. Contra cuneta: se construirá una contra cuneta en la parte alta del relleno para evitar el contacto del agua de lluvia con los desechos y evita la erosión del suelo en época lluviosa.

- ii. Impermeabilización del terreno: se impermeabilizará el terreno en un grado óptimo a efecto de que no se contamine el suelo y las aguas subterráneas con los líquidos de los desechos; se propone utilizar arcilla u otro material que minimice la permeabilidad del suelo.
- iii. Construcción de pozos de absorción de líquido percolado.
  - iv. Perímetro ambiental: siembra de árboles en el perímetro interior del precio a utilizar para la implementación del relleno sanitario.
  - v. Celdas del relleno: preparación del área para celdas con pendientes adecuadas a efecto de evitar la erosión.

La unidad ejecutora del proyecto será el ejecutor de las medidas de mitigación durante el cronograma que se establecerá para su construcción.

#### 6.2.2 Etapa de operación del proyecto

- i. Manejo de celdas: las celdas se conformarán con las pendientes adecuadas a efecto de neutralizar la potencial erosión del suelo.
- iii. Material de cobertura: se cubrirá con capas de tierra los desechos sólidos al final de cada jornada de recolección, a efecto de minimizar los efectos en la calidad del aire que ocasiona bajos niveles de salubridad en las personas que operan el proyecto y las que habitan en sus cercanías. Esto también contribuye también a favorecer una estabilización del suelo del relleno sanitario evitando la erosión. Este manejo se debe realizar frecuentemente sobre todo cuando no exista clasificación y únicamente exista el relleno sanitario.
- iv. Construcción de drenajes de líquido percolado y drenaje de gases.

El equipo encargado de la operación del proyecto será el ejecutor de las medidas de mitigación durante el cronograma que se establecerá para su operación.

#### 6.3. Opinión de la población con referencia al proyecto.

La población tiene una buena aceptación del proyecto al considerar que con éste se eliminarían todos los botaderos no controlados. Aunque la población no ha entrado a considerar los impactos que ocasionaría el proyecto de manejo de desechos sólidos, se considera que estos serán mínimos respecto a lo que se tiene actualmente.



## VI. ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

### 7.1 Aspectos legales

El ordenamiento jurídico guatemalteco fijado por la constitución política de la república, leyes, reglamentos y decretos, entre otros, determinan diversas condiciones que permiten la ejecución del proyecto. Es más, como se describe posteriormente está normado por varias leyes la prestación del servicio de manejos de los desechos sólidos por parte de las municipalidades. Actualmente la legislación vigente en Guatemala, como principio señala a las municipalidades una función rectora en la prestación de los servicios públicos para poblaciones ubicadas en su jurisdicción territorial.

#### i. Constitución política de la república de Guatemala

En el ámbito local, las municipalidades son las obligadas a prestar los servicios públicos. En la constitución de la república de Guatemala, en el artículo 253, se estableció: "...Los municipios de la república de Guatemala, son instituciones autónomas. Entre sus funciones les corresponde: c) atender los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción y el cumplimiento de sus propios fines. Para los efectos correspondientes emitirán las ordenanzas y reglamentos respectivos..."

#### ii. Código Municipal (decreto legislativo No. 12-2002)

En su artículo 72 afirma: "servicios públicos municipales. El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios".

Así mismo el artículo 73 del mismo cuerpo legal expresa: "forma de establecimiento y prestación de servicios municipales. Los servicios públicos municipales serán prestados y administrados por: a) por las municipalidades y sus dependencias administrativas, unidades de servicio y las empresas públicas; b) la mancomunidad de municipios según regulaciones acordadas conjuntamente; c) por concesiones otorgadas de conformidad con las normas contenidas en este código, la ley de contrataciones del Estado y reglamentos municipales".

De acuerdo con el artículo 38 del mismo código deberá contar permanentemente con la asesoría de cuerpos técnicos a efecto de establecer, organizar y regular los servicios públicos municipales, por lo que serán considerados dichos artículos.

#### iii. Ley de contrataciones del Estado (decreto 57-92 del congreso de la república)

Propiamente para la ejecución y programación de obras públicas, además de lo que le confiere la constitución y el código municipal, las municipalidades deben regirse a los procedimientos que dictan la ley de contrataciones del Estado y su reglamento.

- iv. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente (decreto No. 68-86 del congreso de la república): artículos 6 y 7.
- v. El decreto No. 33-96 del congreso de la república: a través de este decreto se establecen los delitos contra la economía y el ambiente.
- vi. Código de salud (decreto No.90-97)
- vii. Reglamento del ministerio de salud pública y asistencia social y sus dependencias (acuerdo gubernativo No. 471-84): en su artículo 55, señala las funciones del departamento de control y disposición de desechos de la división de saneamiento del medio.

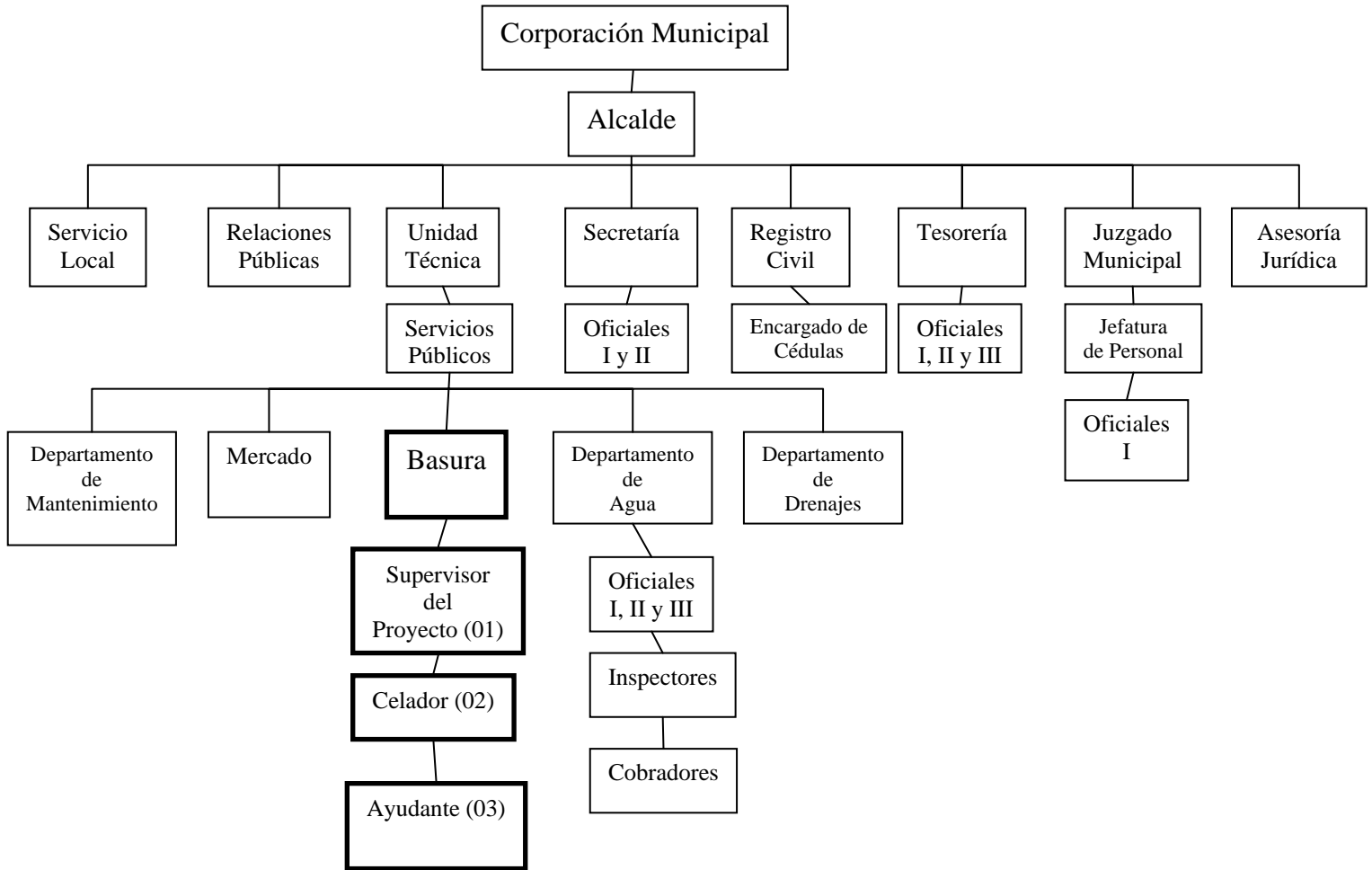
Como se puede establecer dichos fragmentos normativos son aplicados por diversos órganos estatales, entre ellos el ministerio de salud pública, el ministerio de recursos naturales y medio ambiente, las municipalidades y la fiscalía del medio ambiente del ministerio público lo que implica en el mejor de los casos duplicación de esfuerzos, a pesar de lo cual las características en servicio actual denota inactividad, por lo que se hace necesario que en la reorganización del servicio de manejo de residuos sólidos se incluya también el establecimiento de las funciones específicas de cada institución gubernamental; con esta medida se unificarían esfuerzos mejorándose notablemente dicho servicio.

Además de las leyes anteriores que son de carácter general, el proyecto estará regulado por las siguientes: deberá ajustarse al marco jurídico nacional; código de comercio, código de trabajo, código civil, código penal, leyes y reglamentos del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS); y la ejecución, administración y funcionamiento del proyecto estarán regidos –además de lo indicado en el código municipal, ley de contrataciones del Estado y demás leyes y reglamentos aplicables– fundamentalmente por los estatutos y reglamentos internos y demás disposiciones del municipio de Chinautla del departamento de Guatemala.

## 7.2 Aspectos administrativos

La ubicación del proyecto en su componente de relleno sanitario, dentro de la estructura administrativa de la municipalidad de Chinautla queda adscrito a la alcaldía auxiliar de Tierra Nueva I y II, instancia que lo vincula a la comisión de medio ambiente y salud de la municipalidad de Chinautla, como se ilustra en el diagrama 3. Los puestos directamente vinculados a la operación administración y mantenimiento del relleno sanitario, quedan descritos por los siguientes puestos: supervisor, celador y ayudante.

DIAGRAMA 4  
 "Organigrama de la municipalidad de Chinautla"



PERFIL DE PUESTO (01): Supervisor

1. IDENTIFICACIÓN

- 1.1 Nombre del puesto: supervisor
- 1.2 Unidad administrativa: municipalidad de Chinautla
- 1.3 Departamento: medio ambiente y salud
- 1.4 Sección: medio ambiente
- 1.5 Unidad: proyecto manejo de desechos sólidos domiciliarios

2 SUPERVISIÓN

- 2.1 Supervisado directamente por: responsable de medio ambiente y salud
- 2.2 A quien supervisa directamente: celador

3 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- 3.1 General: desarrollar las acciones de supervisión para la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectadas para el proyecto en un relleno sanitario.
- 3.2 Específica: supervisar el la selección de los desechos sólidos recolectados y supervisar la ejecución operativa del celador.

4 INTERACCIONES PERSONALES

- 4.1 Con los clientes: ninguna
- 4.2 Con el personal interno: con recolectores municipales y responsable de medio ambiente y salud
- 4.3 Con el personal externo: responsable del proyecto

5 RESPONSABILIDADES

- 5.1 Equipo, herramienta y/o maquinara: llaves de seguridad
- 5.2 Bienes y valores: ninguno
- 5.3 Uso de vehículo: ninguno
- 5.4 Consecuencias del error: llamada de atención verbal, apercibimiento escrito y finalmente despedido.
- 5.5 Seguridad y salud ocupacional: uso continuo de guantes, botas y traje protector individual
- 5.6 Manejo de información confidencial: referente al desarrollo del proyecto.
- 5.7 Documentos y reportes: reporte semanal al responsable de medio ambiente y salud.

- 6 LIMITES DE AUTORIDAD: administrativamente tiene bajo su responsabilidad al Celador y se le confieren su dirección y monitoreo; es responsable directo del proyecto.

7 CONDICIONES DE TRABAJO

- 7.1 Tipo de trabajo: contrato a termino
- 7.2 Ambiente físico: vulnerable
- 7.3 Exposiciones a riesgo: continuas

8 REQUISITOS

- 8.1 Académicos: sexto primaria
- 8.2 Experiencia: maestro de obras por cinco años
- 8.3 Capacitación: albañilería
- 8.4 Aptitudes: cálculos de construcción
- 8.5 Destrezas: manejo de equipo de albañilería
- 8.6 Idiomas: castellano

PERFIL DE PUESTO (02): Celador

1. IDENTIFICACIÓN

- 1.1 Nombre del puesto: celador
- 1.2 Unidad administrativa: municipalidad de Chinautla
- 1.3 Departamento: medio ambiente y salud
- 1.4 Sección: medio ambiente
- 1.5 Unidad: proyecto manejo de desechos sólidos domiciliarios

2. SUPERVISIÓN

- 2.1 Supervisado directamente por: supervisor del proyecto
- 2.2 A quien supervisa directamente: ayudante de celador

3. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- 3.1 General: desarrollar las acciones operativas para la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectadas para el proyecto en un relleno sanitario.
- 3.2 Específica: disponer los desechos sólidos recolectados en celdas apropiadas, para garantizar la continuidad del relleno sanitario.

4. INTERACCIONES PERSONALES

- 4.1 Con los clientes: ninguna
- 4.2 Con el personal interno: con administrador y ayudante de celador
- 4.3 Con el personal externo: ninguna

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Equipo, herramienta y/o maquinaria: pala, piocha, orquilla, rastrillo, azadón. Carretilla de mano, compactador manual, rodillo compactador manual.
- 5.2 Bienes y valores: ninguno
- 5.3 Uso de vehículo: ninguno
- 5.4 Consecuencias del error: llamada de atención verbal, apercibimiento escrito y finalmente despido.
- 5.5 Seguridad y salud ocupacional: uso continuo de guantes, botas y traje protector individual
- 5.6 Manejo de información confidencial: ninguna
- 5.7 Documentos y reportes: informe diario de operación.

- 6. LIMITES DE AUTORIDAD: administrativamente tiene bajo su responsabilidad al Ayudante de Celador y se le confieren su dirección y monitoreo.

7. CONDICIONES DE TRABAJO

- 7.1 Tipo de trabajo: contrato a termino
- 7.2 Ambiente físico: vulnerable
- 7.3 Exposiciones a riesgo: continuas

8. REQUISITOS

- 8.1 Académicos: alfabeto
- 8.2 Experiencia: albañil por tres años
- 8.3 Capacitación: albañilería
- 8.4 Aptitudes: alfabeto, conocimiento básico de matemáticas
- 8.5 Destrezas: manejo de herramienta básica de albañilería
- 8.6 Idiomas: castellano

PEFIL DE PUESTO (03): Ayudante de Celador

1. IDENTIFICACIÓN

- 1.1 Nombre del puesto: ayudante de celador
- 1.2 Unidad administrativa: municipalidad de Chinautla
- 1.3 Departamento: medio ambiente y salud
- 1.4 Sección: medio ambiente
- 1.5 Unidad: proyecto manejo de desechos sólidos domiciliarios

2. SUPERVISIÓN

- 2.1 Supervisado directamente por: celador
- 2.2 A quien supervisa directamente: ninguno

3. DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

- 3.1 General: apoyar al celador en la disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectadas para el proyecto en un relleno sanitario.
- 3.2 Específica: cumplir con las funciones operativas asignadas por el celador.

4. INTERACCIONES PERSONALES

- 4.1 Con los clientes: ninguna
- 4.2 Con el personal interno: con el celador y supervisor del proyecto
- 4.3 Con el personal externo: ninguna

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1 Equipo, herramienta y/o maquinaria: ninguna
- 5.2 Bienes y valores: ninguna
- 5.3 Uso de vehículo: ninguna
- 5.4 Consecuencias del error: llamada de atención verbal, apercibimiento escrito y finalmente despedido.
- 5.5 Seguridad y salud ocupacional: uso continuo de guantes, botas y traje protector individual
- 5.6 Manejo de información confidencial: ninguna
- 5.7 Documentos y reportes: ninguno

6. LIMITES DE AUTORIDAD: Actividades destinadas por el Celador

7. CONDICIONES DE TRABAJO

- 7.1 Tipo de trabajo: contrato a termino
- 7.2 Ambiente físico: vulnerable
- 7.3 Exposiciones a riesgo: continuo

8. REQUISITOS

- 8.1 Académicos: ninguno
- 8.2 Experiencia: ayudante de albañil durante un año
- 8.3 Capacitación: ninguna
- 8.4 Aptitudes: ninguna
- 8.5 Destrezas: ninguna
- 8.6 Idiomas: castellano

## CONCLUSIÓN DE ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

El ordenamiento jurídico vigente en Guatemala no obstaculiza el desarrollo del proyecto, más bien lo facilita a través de las instancias pertinentes: municipalidad de Chinautla, ministerio de salud pública y ministerio de recursos naturales principalmente; las leyes vigentes incluyen el establecimiento de las funciones específicas que le corresponde a cada institución gubernamental en el desarrollo de proyectos de ésta naturaleza.

En lo relativo a los aspectos administrativos, la municipalidad de Chinautla cuenta ya con las instancias correspondientes para hacer funcionar el proyecto, de manera que no se necesita un cuerpo administrativo independiente. A la unidad de servicios públicos, en el rubro específico de basura, deben agregarse tres puestos específicos para hacer funcionar el proyecto.

## VII. CONCLUSIONES

En el estudio de mercado se determinó que existe demanda para el proyecto (más del 50 % de la población carece del servicio de recolección y transporte); la demanda actualmente atendida con este servicio es del 46.34%; la maximización de ingresos se obtiene al atender una demanda que representa el 56.10% de la demanda total que se da cuando se fija un precio de Q15.00 mensuales, sin embargo, se fijó para el proyecto una cuota mensual de Q10.00 por considerarla cercana a la maximización de ingresos y que atiende una demanda significativa del 80.49% de la demanda total.

En el estudio técnico se determinó que las colonias Tierra Nueva I y II manifiestan una baja producción de desechos sólidos (2.54 toneladas por día) lo que por sí solo no justifica la implementación de una planta de reciclaje para la recuperación de los materiales comercializables. Se requiere el aporte de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II para lograr la rentabilidad económica de la instalación y operación. La condición anterior se convirtió en el factor determinante en la toma de decisión para la alternativa técnica viable de disposición final de los desechos sólidos en un Relleno Sanitario. En cuanto a la composición de los desechos, los desechos orgánicos representan el mayor porcentaje (72.60%) condición que al momento de implementar una planta de reciclaje podría hacer viable la implementación de una planta de compostaje. El tamaño del relleno sanitario se estimó con base en la cantidad de desechos generados durante el horizonte del proyecto (10 años) resultando en un volumen de 21,849.25 mts<sup>3</sup>. La alternativa de localización se determinó ponderando diferentes áreas en función de su distancia a la comunidad, dirección de los vientos, vías de acceso, topografía y tamaño; en consecuencia de lo anterior, se diseñó el relleno sanitario para ser implementado en un área ubicada en el sector La Fragua de la colonia Tierra Nueva I. El diseño de la recolección y transporte de desechos sólidos se efectuó aplicando el método conocido como sistema municipal de campana utilizado por la Municipalidad de Guatemala el cual –dentro de otros resultados- estableció que el tiempo de una jornada es suficiente para realizar dos viajes con camión de capacidad de 18 mts<sup>3</sup>.

En el estudio financiero se determinó la rentabilidad de invertir los recursos monetarios en la realización del proyecto (Q 414,916.68 en inversión); se estableció que el proyecto presenta un valor actual neto financiero de Q 214,878.8, una tasa interna de retorno de 21.15% y una relación financiera B/C de 1.462. Estos resultados demuestran la viabilidad financiera del proyecto.

En cuanto a los aspectos legales y administrativos no se encontró un obstáculo real que impida o limite la ejecución del proyecto.

En general, el proyecto es viable y factible porque -entre otros aspectos al nivel de estudio realizado- tiene alta aceptación en la población, por considerar que coadyuvará al mejoramiento ambiental, más del 50% de las viviendas carece del servicio, el nivel de competitividad es bajo, existe aceptación de las autoridades municipales, los precios de recolección y transporte se han proyectado bajos dadas las condiciones socioeconómicas que afectan al proyecto, el proyecto es auto financiable, los insumos son de origen local y bajo costo y porque en el medio existe la capacidad técnica para su implementación.



## VIII. RECOMENDACIONES

Desarrollar los estudios de caracterización y manejo de los desechos sólidos generados en las colonias contiguas a las colonias Tierra Nueva I y II, como punto de partida para que en conjunto se obtenga una cantidad de desechos superior que haga viable la implementación de una planta de reciclaje, que provoque -dentro de otros beneficios- un manejo de los desechos ambientalmente más adecuado, comercialización de los materiales recuperados y un aumento en la vida útil del relleno sanitario por considerar que recibirá menos cantidad de desechos.

Si el proyecto no se implementa en su etapa de inversión en el corto plazo, se recomienda realizar una evaluación ex ante y actualizar los datos técnicos y financieros del estudio antes de iniciar los trabajos de construcción y preparación del terreno para el relleno sanitario.

Durante la ejecución y operación del relleno sanitario se recomienda implementar las medidas de mitigación de impactos potenciales al ambiente que se han propuesto en este documento y velar por su aplicación. En la medida en que existe mayor control, se tendrá mayor garantía en el cumplimiento del objetivo de elevar los niveles de salud de la población receptora del proyecto.

Desarrollar programas de educación ambiental tendientes a mejorar el ornato público, el manejo de desechos en los lugares de producción (viviendas) y lograr una mayor participación de los vecinos de las colonias Tierra Nueva I y II en la problemática ambiental.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

### 10.1 Documentos

- 10.1.1 Domínguez, Viccelda; Franco, Noriel; Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepequez. ERIS, USAC. 1996.
- 10.1.2 Fair, Geyer y Okun; Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Volumen II, 1a.edición. México, 1971.
- 10.1.3 Giles, Ronald; Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Serie Schaum. 1989.
- 10.1.4 INSIVUMEH. Publicaciones anuales para la Republica de Guatemala. Años 1990 - 1999.
- 10.1.5 Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES); Guía para la presentación de proyectos. Siglo veintiuno editores. 1995.
- 10.1.6 Instituto Nacional de Estadística (INE). Atlas conozcamos Guatemala. INE. Guatemala. 2002.
- 10.1.7 Jaramillo, Jorge; Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. OPS/OMS. Washington. 1991.
- 10.1.8 Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Diagnóstico comunitario del año 2000. Centro de Salud de Tierra Nueva I. Guatemala. 2000.
- 10.1.9 Remenieras, G.; Tratado de hidrología aplicada. Editores Técnicos Asociados, S.A. Mexico, 1994.
- 10.1.10 Sakurai, Kunitoshi; Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. CEPIS/OPS/OMS. 2001.
- 10.1.11 Sakurai, Kunitoshi; Método sencillo del análisis de residuos sólidos. CEPIS/OPS. 2001.
- 10.1.12 Sapag, Nassir y Sapag, Reinaldo; Preparación y Evaluación de Proyectos. 3ª edición, McGraw-Hill, 1995.
- 10.1.13 Szantó, Marcel; Guía para la identificación de proyectos y formulación de estudios de prefactibilidad para el manejo de residuos sólidos urbanos. ILPES, 1996.
- 10.1.14 Taylor, George; Ingeniería Económica, toma de decisiones económicas. Limusa, Noriega editores. México, 1994.
- 10.1.15 Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Eliassen, R.; Desechos Sólidos, principios de ingeniería y administración. GTZ de Alemania.
- 10.1.16 Udpa Opazo F. Y Salinas Cordero S. Uteha; Ingeniería Aplicada a Saneamiento y Salud Pública; México, 1969.

10.2 Leyes y reglamentos

10.2.1 Código de Salud. Decreto 90-97

10.2.2 Código Municipal. Decreto Legislativo 12-2002

10.2.3 Constitución Política de la República de Guatemala.

10.2.4 Ley de Contrataciones del Estado. Decreto Legislativo 57-92.

10.2.5 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto Legislativo 68-86.

10.2.6 Reglamento del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y sus Dependencias. Acuerdo Gubernativo 471-84

## X. GLOSARIO DE TERMINOS

**ANAEROBIO(A):** organismo que no precisa un ambiente con oxígeno libre molecular para desarrollar su metabolismo.

**BIODEGRADABLE:** Substancias que pueden ser transformadas en otras químicamente más sencillas.

**CLASIFICACION:** separar residuos en grupos de materias similares, como productos de papel, vidrio, residuos de comida y metales. También se usa para describir la selección adicional de materias en categorías más específicas, como vidrio transparente y vidrio oscuro. La separación se puede hacer manualmente o mecánicamente, con equipo especializado.

**COMPOSTAJE O COMPOST:** es el proceso mediante el cual los desechos orgánicos son reutilizados como insumos para la producción de abono orgánico a través de la lombricultura.

**DESECHOS SÓLIDOS:** todo residuo sólido o semi-sólido que carece de valor para su inmediato poseedor, con excepción de excretas de origen humano o animal. Están comprendidos en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros.

**DISPOSICIÓN FINAL:** es la última actividad operacional del servicio de aseo urbano, mediante la cual las basuras son descargadas en forma definitiva.

**ECUACIÓN DE TALBOT:** ecuación matemática utilizada para medir la intensidad de lluvia, su resultado es de una velocidad. Esta ecuación varía en función del area geográfica de aplicación. Para la Meseta Central de Guatemala, la fórmula aplicada es  $I=4204/(t+23)$ , en donde; I es el resultado expresado en mm/hora y t es el tiempo de escorrentía expresado en minutos.

**EVALUACION:** conjunto de antecedentes justificatorios en donde se establecen las ventajas y desventajas que significa la asignación de recursos a una determinada idea o a un objetivo determinado. Medir la rentabilidad y su importancia se sitúa en proporcionar información a quienes deben tomar decisiones. Predice efectos esperados para mañana.

**EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS:** comparación de los beneficios y costos que una determinada inversión pueda tener para la comunidad de un país en su conjunto. Se trabajo con precios sombra o sociales.

**FACTIBILIDAD:** posibilidad de realizar algo desde el punto de vista técnico

**FUENTES PRIMARIAS DE INFORMACIÓN:** son las fuentes más cercanas a la realidad, utilizadas generalmente en etapas avanzadas de la formulación del proyecto como la prefactibilidad y factibilidad.

**FUENTES SECUNDARIAS DE INFORMACION:** son las fuentes que en el ámbito estadístico manejan información general o a nivel macro. Se utiliza la información proveniente de estas fuentes generalmente en el nivel de idea y perfil de la formulación del proyecto. Para algunos estudios se opta por utilizar información de estas fuentes de manera definitiva y en consecuencia se quedan en estos

niveles, en consideración de que el costo de depurar datos no es compensado por los beneficios que brinda la calidad de la información de fuentes primarias.

**MERCADO:** lo conforman la totalidad de los compradores y vendedores potenciales del producto o servicio que se vaya a elaborar con el proyecto

**LIXIVIADO:** es el líquido que percolado a través de los desechos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos. La infiltración de una fracción de la precipitación pluvial es el principal generador del lixiviado en los rellenos sanitarios y en los botaderos de basura. Otros contribuyentes a la cantidad de lixiviado son el contenido de humedad propia de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.

**MATERIAL DE COBERTURA:** tierra u otro material de fácil adquisición utilizado para cubrir los desechos compactados en las celdas de un relleno sanitario. La cobertura se realiza cada vez que en el lugar de implementación del relleno sanitario se reciben desechos sólidos.

**METANO:** gas incoloro, inodoro e insípido, casi insoluble en agua, que arde con llama poco luminosa y que con el aire forma mezclas explosivas (grisú). Se forma por fermentación anaerobia de la celulosa, en el fondo cenagoso de los pantanos (gas de los pantanos) y en las minas de carbón. Se utiliza como combustible y como materia prima para la obtención de diversos productos.

**MONITOREO:** procedimiento mediante el cual verificamos la eficiencia y eficacia de la ejecución de un proyecto mediante la identificación de sus logros y debilidades y en consecuencia, recomendamos medidas correctivas para optimizar los resultados esperados del proyecto.

**OPORTUNIDADES:** constituyen los elementos favorables al proyecto: política económica de desarrollo hacia adentro, demanda insatisfecha, incentivos gubernamentales, ventajas comparativas con el resto de la industria, experiencia, etc.

**PERMEABILIDAD:** se define como la velocidad del flujo de agua en el suelo bajo un gradiente hidráulico unitario. La dimensión de la permeabilidad es la de una velocidad, ya que su dimensión es la longitud dividida por el tiempo.

**PRECIPITACIÓN:** es el agua atmosférica que cae al suelo en estado líquido o sólido, tal como la lluvia, nieve y granizo. La intensidad y frecuencia de la precipitación deben ser previstas en la construcción del relleno sanitario, para adoptar las dimensiones apropiadas de los sistemas de drenaje.

**PROYECTO:**

- Búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema que tienda a resolver, entre tantas, una necesidad humana.
- Un proceso cuyos insumos son recursos de variada índole, y que proporciona productos, bienes o servicios que satisfacen una necesidad determinada dentro de un contexto de planes, estrategias y programas. No se circunscribe a una fase de estudios o a una ejecución, sino que abarca toda una vida, que inicia desde su concepción como ideas de satisfacción de necesidades hasta la operación regular.

PREINVERSION: son los estudios previos a la fase de inversión; esta determinada en dos etapas:

- Preparación del proyecto: determina la magnitud de la inversión, costos y beneficios.
- Evaluación del proyecto: medir la rentabilidad de la inversión

RECICLAJE: es el proceso mediante el cual ciertos materiales de las basuras se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.

REUSO: es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

SANEAMIENTO: control de todos los factores del ambiente físico del hombre que ejercen o pueden ejercer un efecto pernicioso en su desarrollo físico, su salud y su supervivencia.

SEGMENTACION: agrupación de consumidores de acuerdo con algún comportamiento similar en el acto de compra. Reconoce que el mercado consumidor está compuesto por individuos con ingresos, lugar de residencia, educación, edad, sexo diferente, lo que los hace tener necesidades y deseos distintos.

TRATAMIENTO: es el proceso de transformación físico, químico o biológico de los desechos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios económicos, reduciendo o eliminando efectos nocivos al hombre o al medio ambiente.

TRIQUINOSIS: enfermedad provocada por la triquina, cuyos embriones se fijan en los músculos estriados, donde se enquistan. La infestación tiene lugar por el consumo de carne cruda de cerdo parasitado. Cursa con fiebre, edema en párpados superiores, hemorragias, dolores musculares y postración.

VIDA UTIL: es el periodo de tiempo en que el relleno sanitario estará apto para recibir basura continuamente. El volumen disponible para rellenar, es el que habrá entre la superficie original del terreno, después de su preparación para empezar a recibir basura, y la superficie final del proyecto.

VIABILIDAD: posibilidad de realizar algo desde el punto de vista financiero. Intenta simular con el máximo de precisión lo que le sucederá al proyecto si fuese implementado.

VIABILIDAD TECNICA: indicará las posibilidades materiales, físicas y químicas de producir un bien o servicio.

VIABILIDAD DE GESTION: indicara la capacidad administrativa para emprenderlo, definirá si existen las condiciones mínimas para la implementación estructural y funcional, estimara la rentabilidad de la inversión y capacidad de gestión

VOLUMEN APARENTE: es el volumen que presentan los desechos sólidos antes de ser sometidos a compactación.

# ANEXOS

**ANEXO 1: MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES**

**ANEXO 2: PLANOS DEL RELLENO SANITARIO**

Plano1/6: plano de registro

Plano2/6: curvas de nivel

Plano3/6: planta y perfil del relleno sanitario

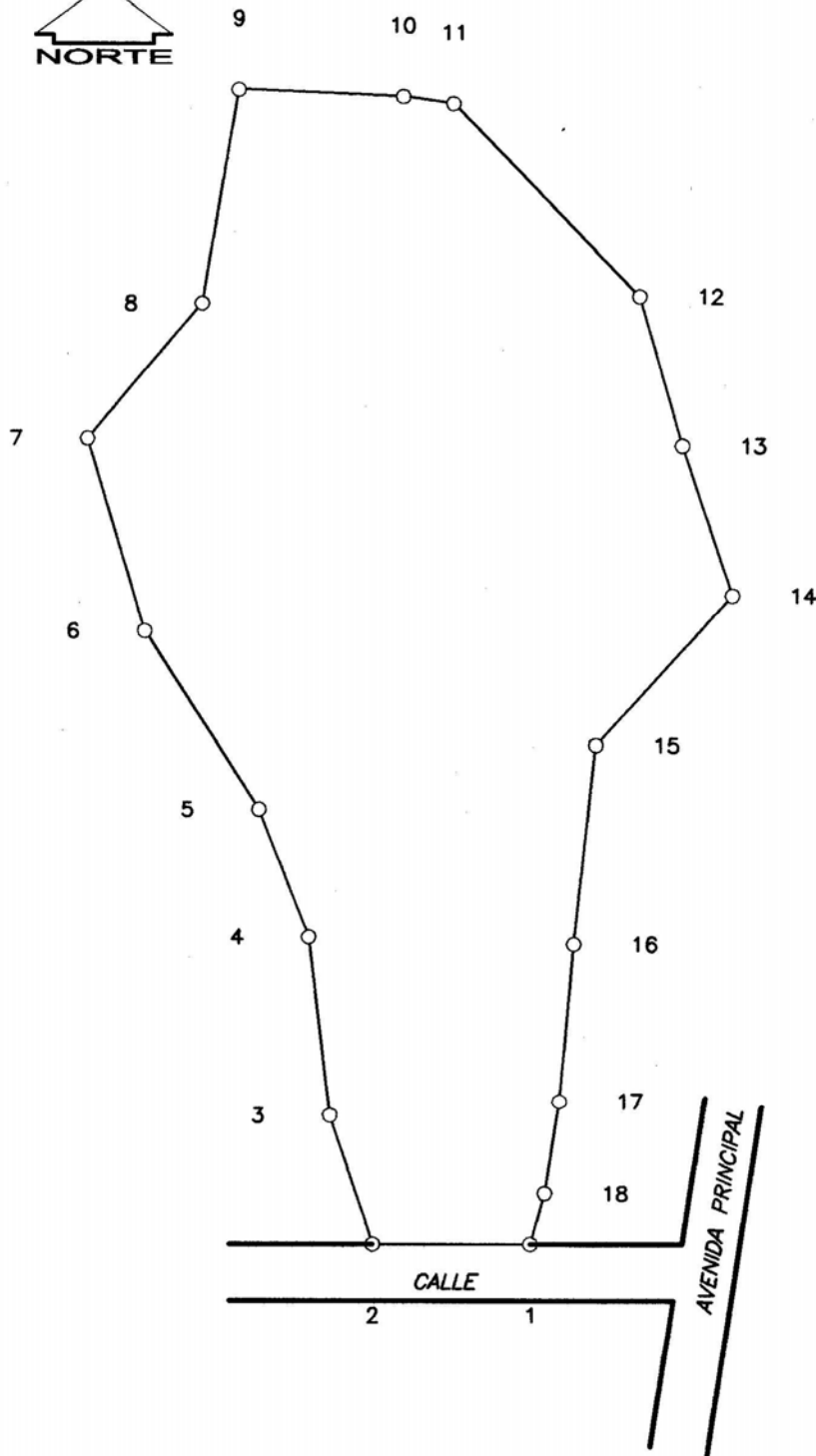
Plano4/6: distribución de celdas y chimeneas

Plano5/6: detalle de drenajes, lixiviados, pluvial y de gases

Plano6/6: plano de planta, perfil y secciones de obra civil







EST.	P.O.	AZIMUT	DIST.H.
1	2	270°00'00"	22.00
2	3	341°33'54"	18.97
3	4	353°09'26"	25.18
4	5	338°44'58"	19.31
5	6	327°22'51"	29.68
6	7	343°29'44"	28.16
7	8	040°06'03"	24.84
8	9	009°27'44"	30.41
9	10	092°29'22"	23.02
10	11	098°07'48"	7.07
11	12	136°04'51"	37.48
12	13	164°03'17"	21.84
13	14	161°33'54"	22.14
14	15	222°08'15"	29.32
15	16	186°06'56"	28.16
16	17	185°11'40"	22.09
17	18	188°44'46"	13.15
18	1	195°56'43"	7.28

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.

PROYECTO: MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS "RELLENO SANITARIO"

UBICACION: AV. PRINCIPAL, SECTOR LA FRAGUA , COLONIA TIERRA NUEVA I.

COMUNIDAD: COLONIA TIERRA NUEVA I Y II.

MUNICIPIO: CHINAUTLA.

DEPARTAMENTO: GUATEMALA.

CONTENIDO:

AREA: 8,512.50 MTS<sup>2</sup>

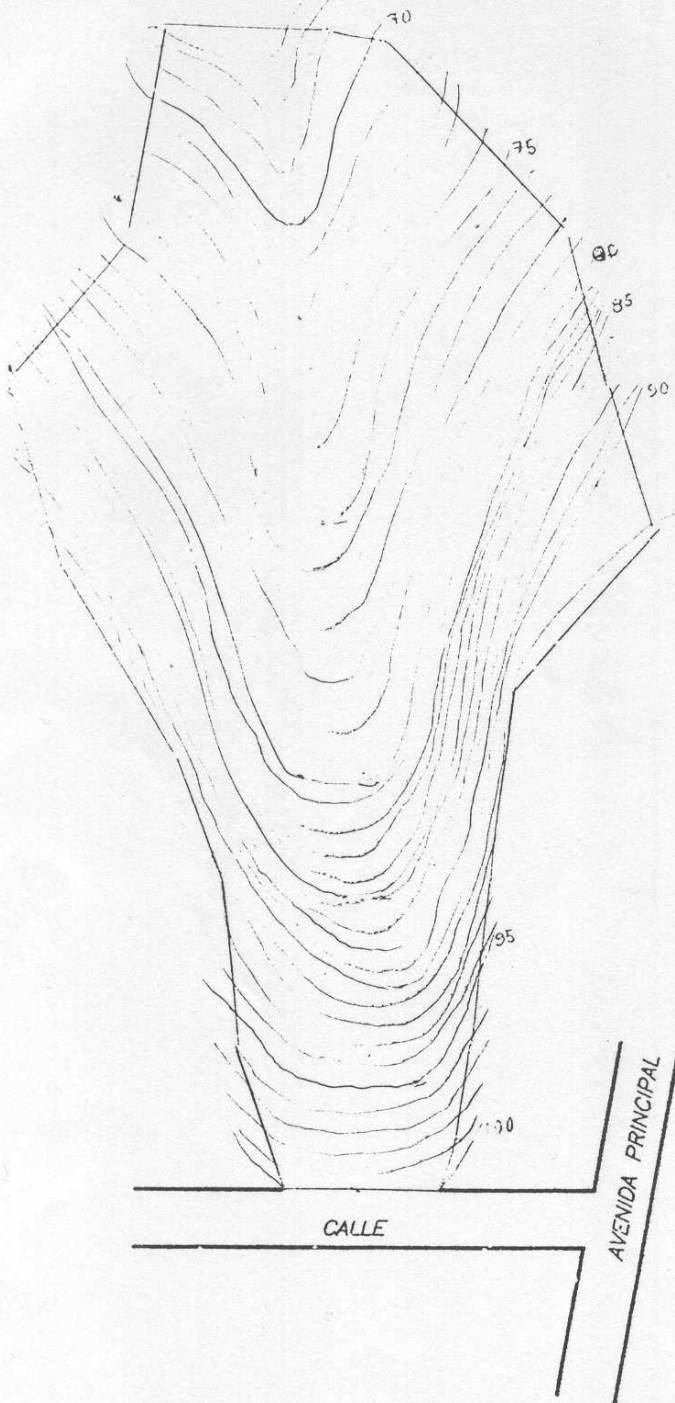
ESCALA: 1:1000

FECHA: DICIEMBRE 2002

PLANO DE REGISTRO

1

6



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
ESCUELA DE POSTGRADO, MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.

PROYECTO: MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS "RELLENO SANITARIO"

UBICACION: AV. PRINCIPAL, SECTOR LA FRAGUA, COLONIA TIERRA NUEVA I.

COMUNIDAD: COLONIA TIERRA NUEVA I Y II.

MUNICIPIO: CHINAUTLA.

DEPARTAMENTO: GUATEMALA.

CONTENIDO:

AREA: 8,512.50 MTS<sup>2</sup>

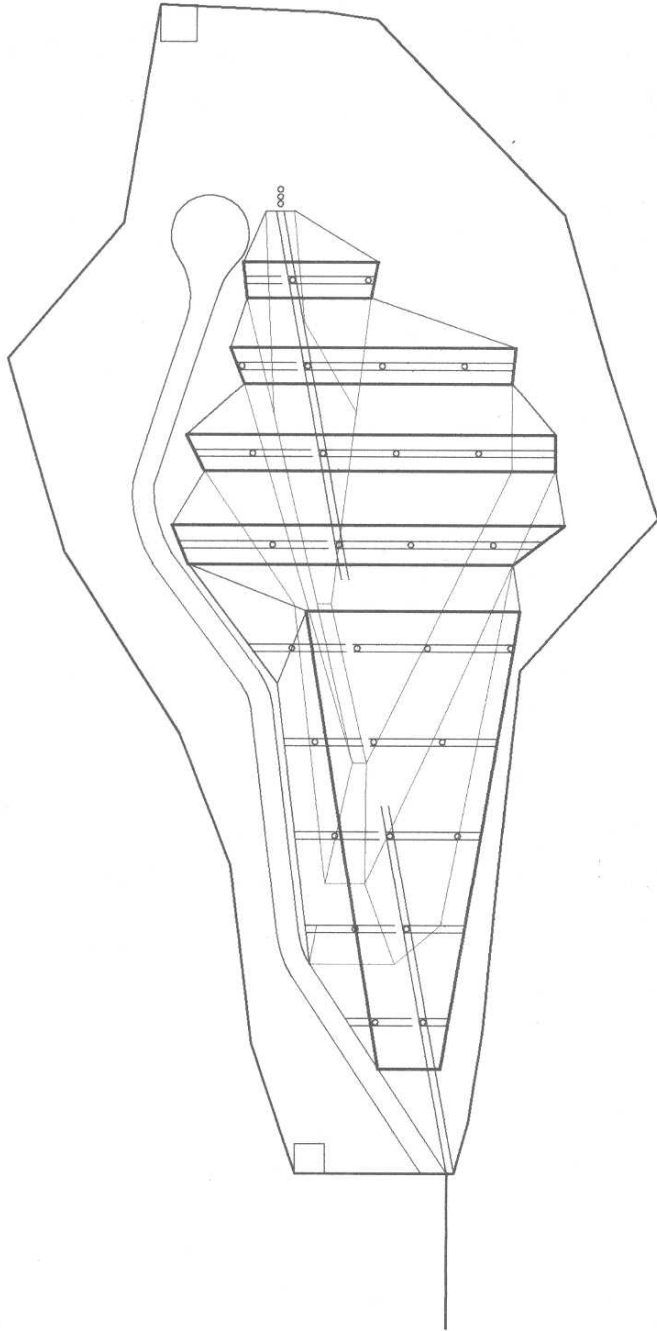
ESCALA: 1:1000

FECHA: DICIEMBRE 2002

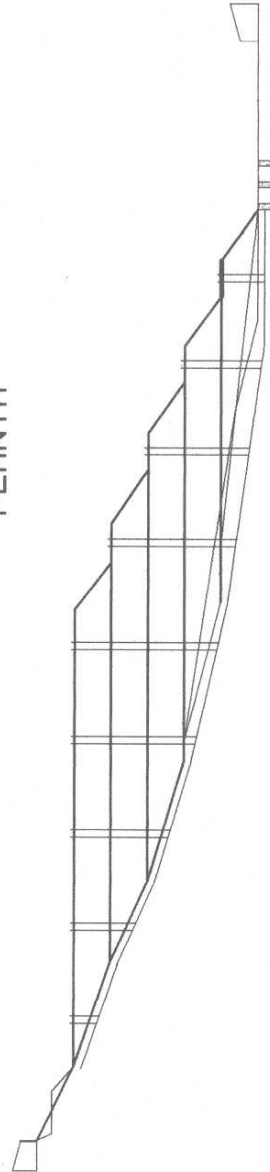
CURVAS DE NIVEL

2

6



PLANTA



PERFIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.

PROYECTO: MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS "RELLENO SANITARIO"

UBICACION: AV. PRINCIPAL, SECTOR LA FRAGUA , COLONIA TIERRA NUEVA I.

COMUNIDAD: COLONIA TIERRA NUEVA I Y II.

MUNICIPIO: CHINAUTLA.

DEPARTAMENTO: GUATEMALA.

CONTENIDO:

AREA:

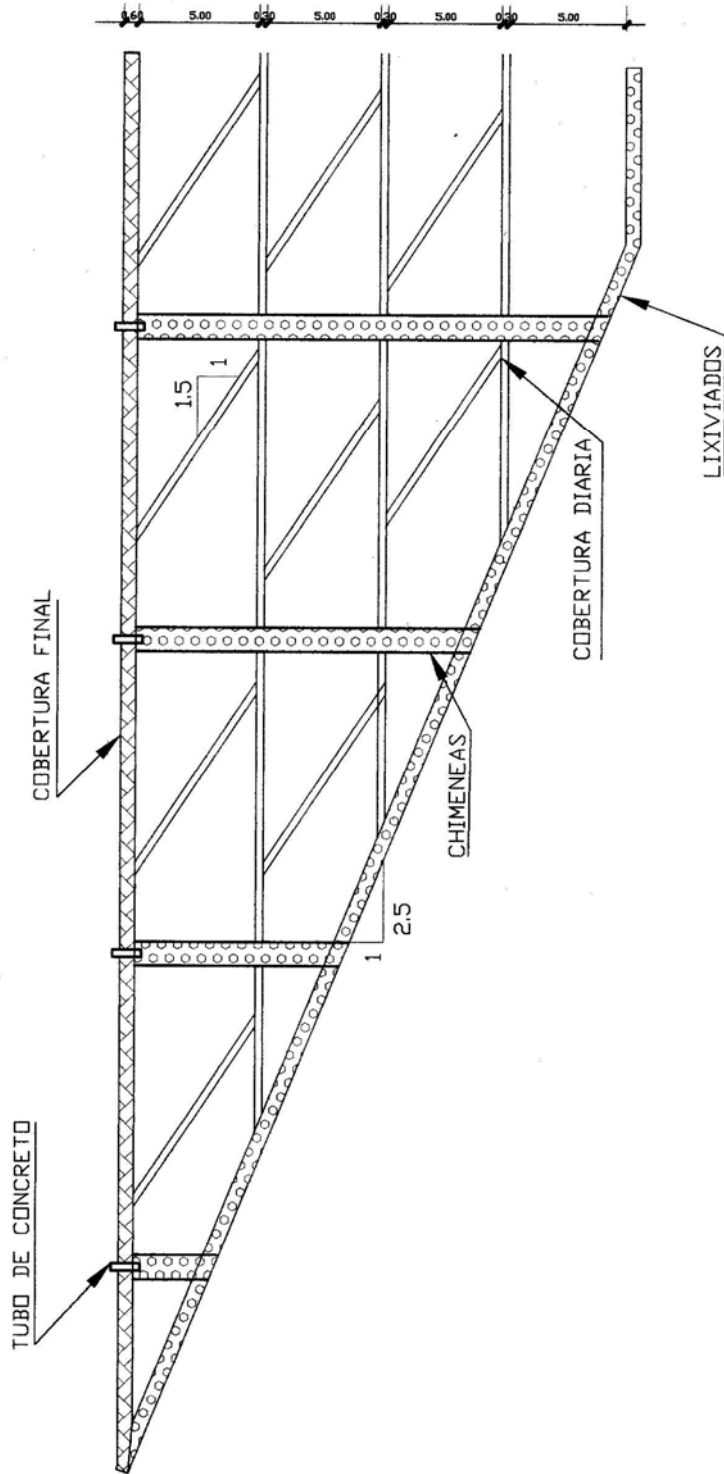
PLANTA Y PERFIL  
DE RELLENO SANITARIO

ESCALA: 1:1000

FECHA: DICIEMBRE 2002

3

6



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.

PROYECTO: MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS "RELLENO SANITARIO"

UBICACION: AV. PRINCIPAL, SECTOR LA FRAGUA , COLONIA TIERRA NUEVA I.

COMUNIDAD: COLONIA TIERRA NUEVA I Y II.

MUNICIPIO: CHINAUTLA.

DEPARTAMENTO: GUATEMALA.

CONTENIDO:

AREA:

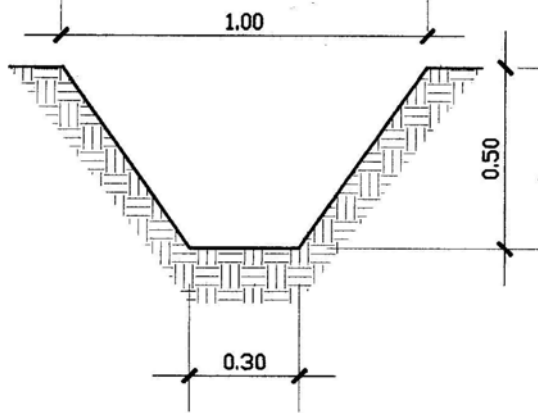
ESCALA: 1:300

FECHA: DICIEMBRE 2002

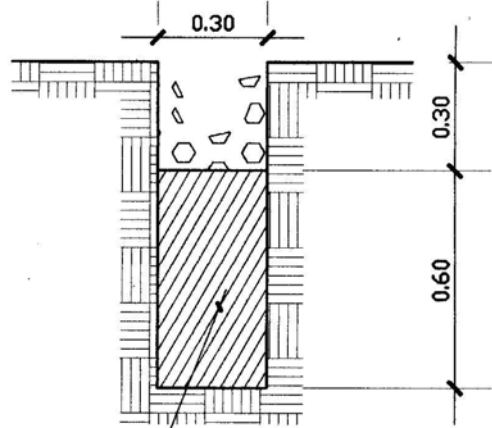
DISTRIBUCION DE  
 CELDAS Y CHIMENEAS

4

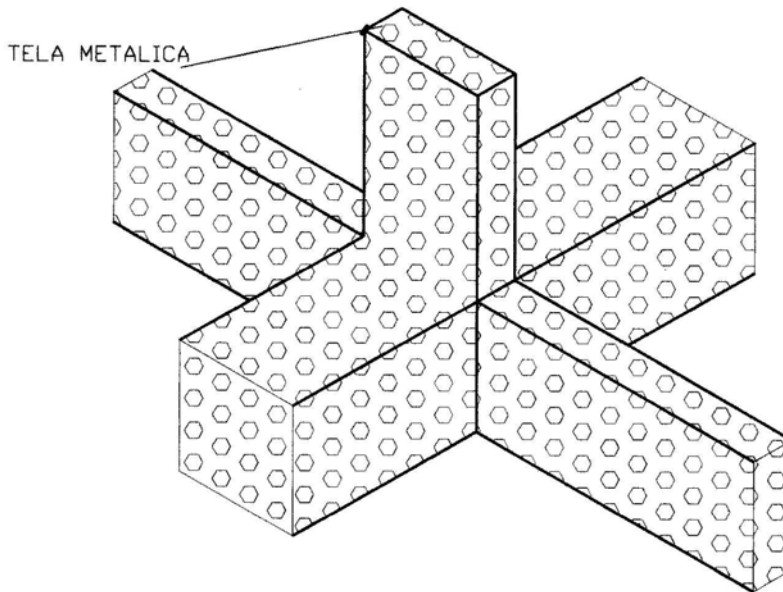
6



VISTA VERTICAL  
DRENAJE DE LIQ. PERCOLADO



PANTALLA (TIERRA NATURAL)  
CUNETA PERIMETRAL



INTERCONEXION DRENAJES  
GASES-PERCOLADOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.

PROYECTO: MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS "RELLENO SANITARIO"

UBICACION: AV. PRINCIPAL, SECTOR LA FRAGUA , COLONIA TIERRA NUEVA I.

COMUNIDAD: COLONIA TIERRA NUEVA I Y II.

MUNICIPIO: CHINAUTLA.

DEPARTAMENTO: GUATEMALA.

CONTENIDO:

AREA:

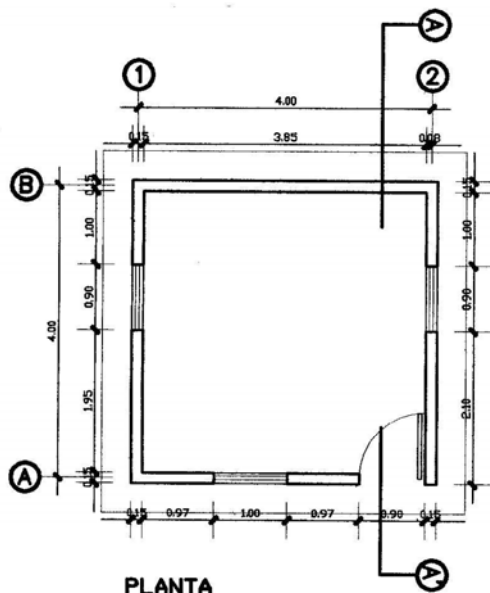
DETALLE DE DRENAJES,  
DE LIXIVIADOS,  
PLUVIAL Y DE GASES

ESCALA: SIN ESCALA

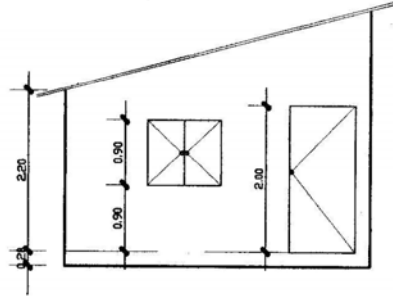
FECHA: DICIEMBRE 2002

5

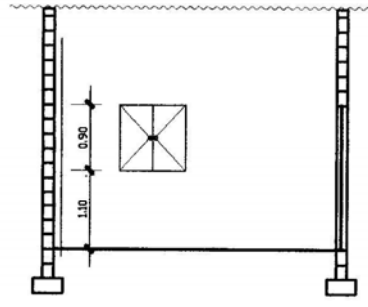
6



PLANTA

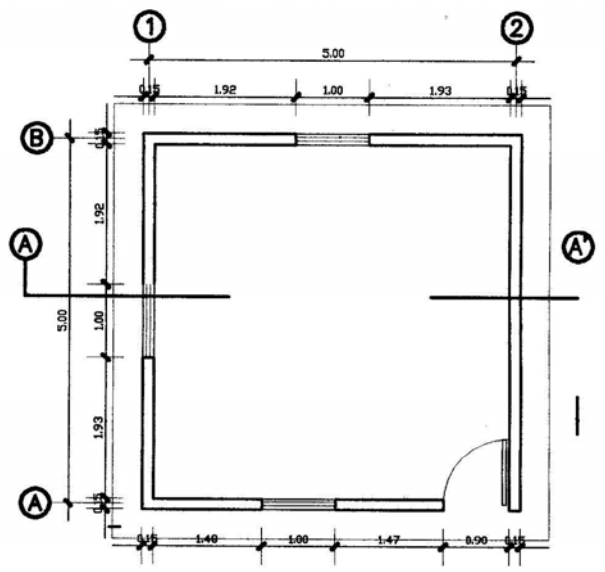


ELEVACION

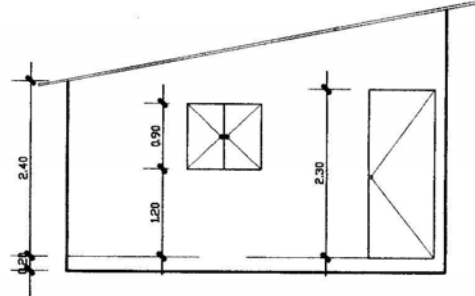


SECCION A-A'

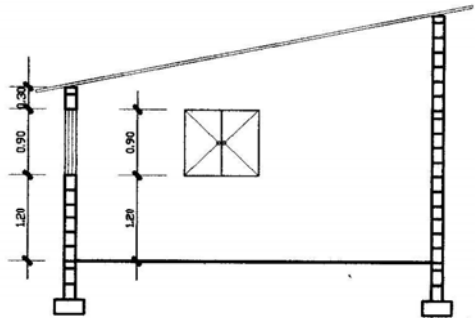
GARITA DE INGRESO



PLANTA



ELEVACION



SECCION A-A'

ADMINISTRACION Y BODEGA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS  
 ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS.

PROYECTO: MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS "RELLENO SANITARIO"

UBICACION: AV. PRINCIPAL, SECTOR LA FRAGUA , COLONIA TIERRA NUEVA I.

COMUNIDAD: COLONIA TIERRA NUEVA I Y II.

MUNICIPIO: CHINAUTLA.

DEPARTAMENTO: GUATEMALA.

AREA:

ESCALA: 1:100

FECHA: DICIEMBRE 2002

CONTENIDO:  
 PLANTA, PERFIL  
 Y SECCIONES  
 DE OBRA CIVIL