

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION ESTUDIOS DE POST-GRADO**



**MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN APODACA,
NUEVO LEON, MEXICO**

**POR
RAFAEL OLIVAS SILVA**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERIA AMBIENTAL**

CIUDAD UNIVERSITARIA

JULIO DE 1997

U. A. N. E.

MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN APODACA,
NUEVO LEON, MEXICO

TM
TD789
.A6
O4
c.1

1997



1080080892

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



***MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN APODACA,
NUEVO LEÓN, MÉXICO***

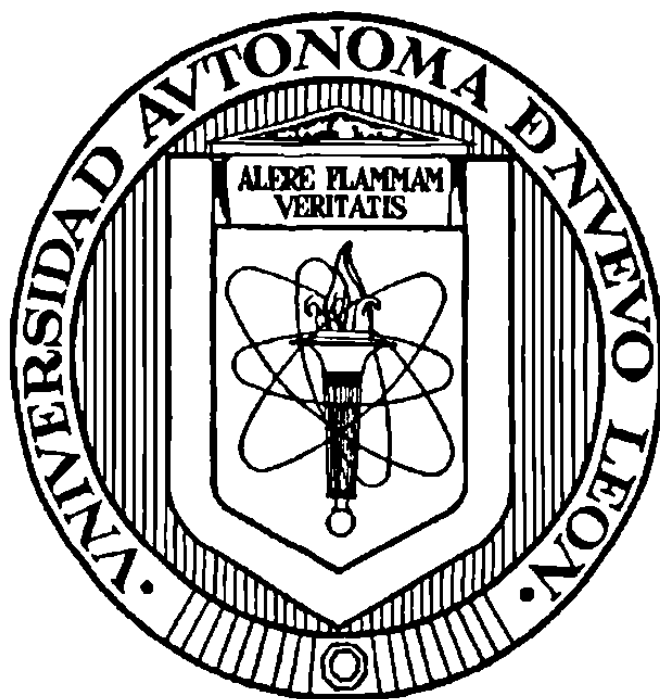
Por

RAFAEL OLIVAS SILVA

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería Ambiental**

Julio de 1997

TM
TD789
AG
04



RECTOR

Dr. REYES S. TAMEZ GUERRA

SECRETARIO GENERAL

DR. LUIS J. GALÁN WONG

SECRETARIO ACADEMICO

Ing. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ TREVIÑO

DIRECTOR GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

DR. ERARDO M. ELIZONDO VILLARREAL





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

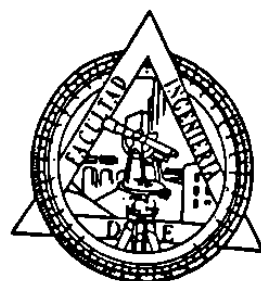
**"MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN APODACA,
NUEVO LEÓN, MÉXICO"**

APROBACIÓN DE LA TESIS:

Dr. FEBRONIO E. CHAVARRÍA
Asesor de tesis

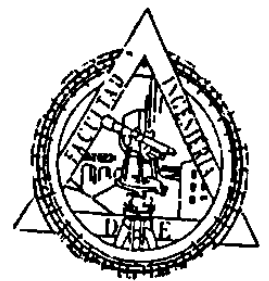
Ing. JOSÉ ALFREDO NUÑEZ CANTÚ
Asesor de Tesis

Ing. OSCAR M. ROBLES SÁNCHEZ
Secretario de la División de Estudios de Postgrado DE ESTUDIOS DE POSTGRADO





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, U.A.N.L.
SECRETARIA DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION.

Tesista : RAFAEL OLIVAS SILVA

Tema de la tesis : MANEJO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL
DE LOS RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN APODACA,
NUEVO LEON, MEXICO.

Este documento certifica la corrección Definitiva
del trabajo de tesis arriba indentificado, en los aspectos : ortográfico,
metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió :

Ramón Longoria
ARG. RAMON LONGORIA RAMIREZ

El Secretario de Postgrado :

Oscar M. Robles Sánchez

Ing. Oscar M. Robles Sánchez
SECRETARIA DE ESTUDIOS
DE POSTGRADO

Ciudad Universitaria, a 12 de AGOSTO de 1996.

V. O.
23/VI/92

Monterrey N.L. a 23 de junio de 1997

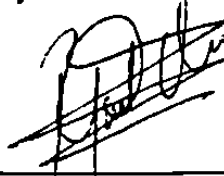
Ing. OSCAR MANUEL ROBLES SÁNCHEZ
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Por medio de la presente solicito la tramitación correspondiente, para sustentar mi Exámen de Grado, ya que he concluido con la elaboración de la tesis, la cual de intitula "Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Sólidos Generados en Apodaca, Nuevo León, México".

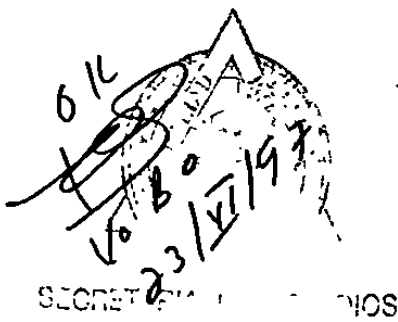
La aprobación de la tesis en cuanto a la parte teórica y técnica fue realizada por mis asesores el Dr. Febronio E.Chavarría y por el Ing. José Alfredo Nuñez Cantú"; Asi mismo se realizó la revisión Ortográfica, Metodológica y Estilística por el Arq. Ramón Longoria Ramirez.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano las atenciones que sirva prestar a la presente quedo a sus apreciables ordenes

Muy Atentamente



Geol. RAFAEL OLIVAS SILVA



616
L. B. O.
23/VI/97
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Ing. OSCAR M. ROBLES SÁNCHEZ
Secretario de la División de
Estudios de Postgrado.
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

Por medio de la presente recomendamos que la tesis adjunta a esta carta, la cual fue realizada por el Geol. Rafael Olivas Silva, sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental.

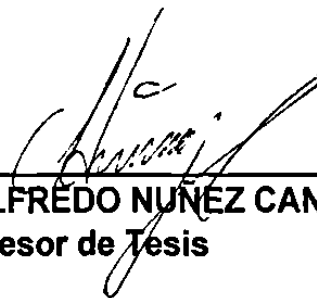
El estudio titulado "Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Sólidos Generados en Apodaca, Nuevo León, México", ha sido revisada por mi parte, quedando de acuerdo con su contenido.

Sin más por el momento quedo a sus respetables órdenes para cualquier aclaración, San Nicolás de los Garza, Nuevo, León, a 18 de septiembre de 1996.

Muy atentamente:



Dr. FEBRONIO E. CHAVARRÍA FERNÁNDEZ
Asesor de Tesis



Ing. JOSÉ ALFREDO NÚÑEZ CANTÚ
Asesor de Tesis



DEDICATORIA

A mis abuelos:

Rafael y María (Q.E.P.D.)

Vidal y María, quienes

*compartieron conmigo paso a paso
mis sueños.*

A mis padres:

Rafael y Nely, por su comprensión

y apoyo, a quienes quiero, admiro

y respeto

A mis hermanos:

Ana María, Jesús Guillermo

y César Alonso, por compartir

conmigo mis anhelos.

A mi novia:

Rocío, por haber contribuido

con su persona y con su entusiasmo

a logro de mis esfuerzos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Febronio E. Chavarría y al M.C. Alfredo Nuñez Asesores de mi tesis. Por la revisión de ésta y por sus acertadas opiniones.

Al M.C. Roberto Bañuelos Rueda Director de Ecología de Apodaca, al Profr. Manuel Cantú Ex-Director de Servicios Públicos de Apodaca, Al jefe del departamento de Limpia Sr. Jesús Rodríguez, y al Director de Servicios Públicos de Apodaca Ing. Jorge Benavides; por su invaluable ayuda otorgada en el desarrollo de los trabajos de campo e investigación. Así mismo quiero expresar mis más sinceras gracias al personal del Departamento de Recolección y Limpia por su cooperación en los trabajos de campo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

A la planta de maestros de la división de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Civil, que supieron darme lo útil y necesario para la culminación de mis estudios de maestría.

A mis compañeros de maestría por ser siempre fuente de ánimo para seguir adelante, en la persecución de mis sueños; muy en especial para Alejandro, Celia, Liliana, Marcos, Mari, Maribel, Rosa Elena, Rocío, Pedro y Víctor.

A mi familia por el apoyo moral que siempre me ha brindado y a todas las personas que contribuyeron de una forma u otra en la realización de esta tesis y de mis estudios.

ÍNDICE

	Pág
ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS	viii
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS	x
RESUMEN	xii

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN	2
1.2.- PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN APODACA, N.L.	3
1.3.- OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO	4
1.3.1.- REQUERIMIENTOS PARA CUMPLIR CON LOS OBJETIVOS	5
1.4.- HIPÓTESIS	6
1.5.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	7
1.5.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA	7
1.5.2.- OROGRAFÍA	9
1.5.3.- HIDROGRAFÍA	9
1.5.4.- CLIMA	9
1.5.5.- ACTIVIDADES ECONÓMICAS	10
1.6.- ESTUDIOS PREVIOS	10
1.7.- DEMOGRAFÍA	11
1.7.1.- CRECIMIENTO INDUSTRIAL Y COMERCIAL	12
1.7.2.- HABITANTES POR VIVIENDA Y TASA DE CRECIMIENTO	12
1.7.3.- CALCULO DE LA POBLACIÓN	13

1.8.- ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS	15
--	-----------

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO ACTUALES EN EL MUNICIPIO DE APODACA, N.L.

	Pág
2.1.- INVENTARIO DE EQUIPO E INSTALACIONES	23
2.1.1.- EQUIPO DE RECOLECCIÓN	23
2.1.2.- EQUIPO DE BARRIDO	24
2.1.3.- MANTENIMIENTO	24
2.1.4.- INSTALACIONES	25
2.2.- SERVICIO ACTUAL DE RECOLECCIÓN Y LIMPIA	28
2.2.1.- FRECUENCIA, TURNOS Y COBERTURA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN	28
2.2.2.- PERSONAL DEL SERVICIO DE LIMPIA	29
2.2.3.- RUTAS DE RECOLECCIÓN	30
2.2.4.- MÉTODOS DE RECOLECCIÓN	35
2.2.4.1.- EFECTOS DE LA VIALIDAD EN LA RECOLECCIÓN	37
2.2.5.- EL BARRIDO DE LAS CALLES	38
2.2.6.- TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	40
2.2.7.- DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	41
2.2.8.- RECICLAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	42
2.3.- INFORMACIÓN FINANCIERA	44
2.3.1.- COSTOS DE RECOLECCIÓN Y MANTENIMIENTO ACTUALES	44
2.3.2.- FUENTES DE INGRESOS	50
2.3.3.- SITUACIÓN FINANCIERA	50
2.4.- FUNCIONAMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	51

2.4.1.- ESTRUCTURA ORGÁNICA	51
2.4.2.- DELEGACIÓN DE RESPONSABILIDADES	52
2.4.3.- OBSERVACIONES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LAS ACTIVIDADES	54

CAPITULO III

ESTABLECIMIENTO DE ALTERNATIVAS

	Pág
3.1.- INTRODUCCIÓN	57
3.2.- PANORAMA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EN EL ÁMBITO NACIONAL E INTERNACIONAL	58
3.3.- ALTERNATIVAS EXISTENTES	62
3.3.1.- RECICLAJE	62
3.3.1.1.- Subproductos de los residuos sólidos	63
3.3.1.2.- Materiales recuperables	63
3.3.1.3.- Actividades que involucra el reciclaje	65
3.3.1.4.- Ventajas y desventajas del reciclaje	65
3.3.2.- INCINERACIÓN	66
3.3.2.1.- Ventajas y desventajas de la incineración	68
3.3.3.- RELLENO SANITARIO	69
3.3.3.1.- Ventajas y desventajas del relleno sanitario	71
3.4.- CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA SER EVALUADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO	72

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.- INTRODUCCIÓN	76
4.2.- CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS	77
4.2.1.- SELECCIÓN DE LA PREMUESTRA	77

4.2.2.- UNIVERSO DE TRABAJO	78
4.2.3.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	78
4.2.4.- GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS	80
4.2.5.- CUARTEO	81
4.2.6.- PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU"	81
4.2.7.- SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS	82
4.3.- ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS DE LAS UNIDADES DE RECOLECCIÓN	82
4.3.1.- SECUENCIA DE ACTIVIDADES	83
4.4.- REALIZACIÓN DE UN SONDEO DE OPINIÓN	84
4.4.1.- SECUENCIA DE ACTIVIDADES	85

CAPITULO V

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

	Pág
5.1.- GENERACIÓN "PER-CÁPITA" DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS	87
5.2.- VERIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LA PREMUESTRA	89
5.3.- PRUEBA DE LA RAZÓN DE VARIANCIA (F)	91
5.4.- PRUEBA DE χ^2 (ji cuadrada) PARA LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	94
5.5.- EL PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU";	104
5.6.- SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS	107
5.7.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	111
5.8.- RESULTADOS DEL SONDEO DE OPINIÓN	122
5.9.- RESUMEN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN CAMPO	129

CAPITULO VI

EVALUACIÓN PARA UN PROYECTO DE RECICLAJE EN EL MUNICIPIO DE APODACA Y SU REPERCUSIÓN

	Pág
6.1.- INTRODUCCIÓN	133
6.2.- PLAN DE UTILIZACIÓN PRODUCTIVA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS	134
6.2.1.- ESTUDIO DE RECUPERACIÓN POTENCIAL DE LOS SUBPRODUCTOS	135
6.2.1.1.- Subproductos recuperables de los residuos sólidos domésticos	135
6.2.1.2.- Recuperación potencial de subproductos	135
6.2.1.3.- Demanda de subproductos	138
6.2.1.4.- Compradores intermediarios y finales en la zona	139
6.2.1.5.- Problema político-económico de los residuos sólidos domésticos	140
6.2.1.6.- Repercusión de la alternativa de reciclaje en el municipio	141
6.2.2.- PUESTA EN PRACTICA DEL PLAN	143
6.2.2.1.- Etapa de implantación (etapa inicial)	143
6.2.2.2.- Difusión y comunicación del plan	144
6.2.2.3.- Manual de operación	145
6.2.2.4.- Involucramiento de los sectores participantes	145
6.2.2.5.- Implantación del plan para todo el municipio	147
6.3.- MODELACIÓN DE LAS TENDENCIAS	148
6.3.1.- RESULTADOS ESPERADOS	149

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE
LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO PARA CONTINUAR
UTILIZANDO EL RELLENO SANITARIO

	Pág
7.1.- ALMACENAMIENTO	155
7.1.1.- PRÁCTICAS DE ALMACENAMIENTO ACTUALES	155
7.1.2.- RECOMENDACIONES SOBRE ALMACENAMIENTO	156
7.2.- RECOLECCIÓN	158
7.2.1.- MÉTODOS DE RECOLECCIÓN UTILIZADOS	158
7.3.- MACRORRUTEO	160
7.3.1.- METAS POR ALCANZAR CON LA ZONIFICACIÓN	161
7.3.2.- USO EFICIENTE DE LAS UNIDADES DE RECOLECCIÓN	161
7.3.3.- ZONIFICACIÓN ACTUAL	164
7.3.4.- ZONIFICACIÓN PROPUESTA	165
7.3.4.1.- Zonas a servir y cobertura del servicio	165
7.3.4.2.- Método de recolección	166
7.3.4.3.- Prácticas de almacenamiento	166
7.3.4.4.- Horario de recolección y turnos	167
7.3.4.5.- Tarea diaria	167
7.3.4.6.- Equipo de recolección	167
7.3.4.7.- Viajes por día al sitio de disposición final	169
7.3.4.8.- Tamaño de la cuadrilla	169
7.3.4.9.- Diseño de rutas	170
7.3.5.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE REESTRUCTURAR EL MACRORRUTEO EN APODACA	170
7.3.6.- COSTOS HORARIOS POR CADA UNIDAD	172
7.3.7.- COSTOS DE RECOLECCIÓN PARA LA ZONIFICACIÓN PROPUESTA	173
7.4.- CALCULO DE CAPACIDAD DE LOS CONTENEDORES	174
7.5.- FACTIBILIDAD DEL TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	175
7.6.- BARRIDO DE CALLES	177

7.7.- NECESIDADES FUTURAS DEL DEPARTAMENTO DE ASEO PUBLICO DEL MUNICIPIO DE APODACA	179
7.7.1.- EQUIPO DE RECOLECCIÓN	179
7.7.2.- EQUIPO DE BARRIDO	180
7.7.3.- ADQUISICIÓN DE INMUEBLES	181
7.7.4.- ESTRUCTURA ORGÁNICA PROPUESTA	181
7.7.5.- PERSONAL REQUERIDO	184
7.7.6.- ESTIMADO DE INVERSIÓN QUE REQUERIRÁ EL MUNICIPIO A CORTO PLAZO	185

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág
8.1.- CONCLUSIONES FINALES	191
8.2.- RECOMENDACIONES	194

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFÍA

9.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	197
----------------------------	-----

ANEXOS

ANEXO 1.- PLANO DE MACRORRUTEO ACTUAL	
ANEXO 1A.- PLANO DE MACRORRUTEO PROPUESTO	
ANEXO 2.- PLANOS DE ZONAS MUESTREADAS	
ANEXO 3.- CÉDULAS Y TABLAS ESTADÍSTICAS UTILIZADAS	
ANEXO 4.- FOLLETOS DE EQUIPOS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADOS Y LISTA DE CENTROS DE ACOPIO UBICADOS EN APODACA, N.L.	
ANEXO 5.- CUESTIONARIO UTILIZADO EN EL SONDEO DE OPINIÓN	

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURAS

		Pág
FIGURA 1.-	Plano de localización del municipio de Apodaca, Nuevo León (Área de estudio)	8
FIGURA 2.-	Crecimiento poblacional desde 1950 a la fecha y estimado para los próximos 25 años	14
FIGURA 3.-	Plano de instalaciones actuales de la Secretaría de Servicios Públicos de Apodaca, Nuevo León	27
FIGURA 4.-	Organigrama Actual de la Secretaría de Servicios Públicos de Apodaca, Nuevo León	52
FIGURA 5.-	Organigrama propuesto para ser establecido en el municipio de Apodaca, Nuevo León	182

CUADROS

Cuadro I.-	Localidades principales del municipio de Apodaca, N.L	7
Cuadro II.-	Datos censales para el municipio de Apodaca y población estimada para los próximos 25 años	14
Cuadro III.-	Rutas de recolección de residuos sólidos domésticos en el municipio de Apodaca, N.L. Turno matutino corto.	31
Cuadro IV.-	Rutas de recolección de residuos sólidos domésticos en el municipio de Apodaca, N.L. Turno matutino largo.	32
Cuadro V.-	Rutas de recolección de residuos sólidos domésticos en el municipio de Apodaca, N.L. Turno matutino largo. (Continuación)	33
Cuadro VI.-	Rutas de recolección de residuos sólidos domésticos en el municipio de Apodaca, N.L. Turno vespertino.	34
Cuadro VII.-	Rutas de recolección y ubicación de contenedores en el municipio de Apodaca, N.L	36

CONTINUACIÓN CUADROS		Pág
Cuadro VIII.-	Destino final de los residuos sólidos recolectados en Apodaca, N.L.	40
Cuadro IX.-	Generación, tratamiento y disposición de los residuos sólidos en Estados Unidos.	59
Cuadro X.-	Generación, tratamiento y disposición de los residuos sólidos en Canadá.	59
Cuadro XI.-	Generación, tratamiento y disposición de los residuos sólidos en La ciudad de México.	60
Cuadro XII.-	Generación, tratamiento y disposición de los residuos sólidos en Monterrey.	60
Cuadro XIII.-	Aspectos a favor de las alternativas en el municipio de Apodaca, N.L.	73
Cuadro XIV.-	Aspectos en contra de las alternativas en el municipio de Apodaca, N.L.	73
Cuadro XV.-	Conteo de casas habitación que se ubican dentro de los límites que cubre cada ruta de recolección/semana.	164
Cuadro XVI.-	Conteo de casas habitación que se ubican dentro de los límites que cubre cada ruta de recolección, para el zoneamiento propuesto.	168
Cuadro XVII.-	Costos horarios actuales para cada tipo de unidad de recolección.	172
Cuadro XVIII.-	Costos horarios para cada tipo de unidad de recolección.	173
Cuadro XIX.-	Costos que implica disponer la basura en cualquiera de los dos destinos finales, desde distintos puntos del municipio.	176
Cuadro XX.-	Personal requerido en el corto plazo para realizar las tareas de aseo público en el municipio de Apodaca.	185

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y TABLAS

GRÁFICAS	Pág
GRÁFICA 1.- Generación "per-cápita" por estrato socioeconómico, Apodaca, Nuevo León.	88
GRÁFICA 2.- Generación promedio por casa-habitación por estrato socioeconómico, Apodaca, Nuevo León.	95
GRÁFICA 3.- Generación promedio por casa-habitación en los días de la semana, Apodaca, Nuevo León.	96
GRÁFICA 4.- Generación promedio por casa-habitación, colonia Pueblo Nuevo, 5o. sector, Apodaca, Nuevo León.	99
GRÁFICA 5.- Generación promedio por casa-habitación, colonia Los Fresnos, 1er. Sector, Apodaca, Nuevo León.	99
GRÁFICA 6.- Generación diaria "per-cápita", por estrato socioeconómico, Apodaca, Nuevo León.	100
GRÁFICA 7.- Generación diaria "per-cápita", nivel bajo, colonia Pueblo Nuevo, 5o. sector, Apodaca, Nuevo León	103
GRÁFICA 8.- Generación diaria "per-cápita", Nivel medio, colonia Los Fresnos, 1er. Sector, Apodaca, Nuevo León.	103
GRÁFICA 9.- Peso Volumétrico "in situ" promedio por estrato socioeconómico, Apodaca, Nuevo León.	104
GRÁFICA 10.- Peso volumétrico "in situ". colonia Pueblo Nuevo, 5o. sector, Apodaca, Nuevo León.	105
GRÁFICA 11.- Peso Volumétrico "in situ". colonia Los Fresnos, 1er. sector, Apodaca, Nuevo León	106
GRÁFICA 12A.- Generación de subproductos para los dos estratos socioeconómicos, Apodaca, Nuevo León	109
GRÁFICA 12B.- Generación de subproductos para los dos estratos socioeconómicos, Apodaca, Nuevo León.	110
GRÁFICA 13.- Total de subproductos reciclables en el municipio de Apodaca.	151
GRÁFICA 14.- Subproductos reciclables con campaña a 8 años con 10% de incremento anual a partir de 1997.	151
GRÁFICA 15.- Residuos sólidos domésticos que van al relleno sanitario sin reciclaje y con 10% de incremento anual.	153

TABLAS	Pág.
TABLA 1.- Generación de residuos sólidos en kg/hab-día en el municipio de Apodaca, Nuevo León.	88
TABLA 2.- Generación promedio en kg/casa-habitación de residuos sólidos por estrato socioeconómico.	94
TABLA 3.- Independencia de la generación promedio de los residuos sólidos con los días de la semana y por estrato socioeconómico en kg/casa-habitación.	96
TABLA 4.- Generación promedio de residuos sólidos por casa-habitación por día, colonia Pueblo Nuevo, 5o. sector en Apodaca, Nuevo León.	97
TABLA 5.- Generación promedio de residuos sólidos por casa-habitación por día, colonia Los Fresnos, 1er. sector en Apodaca, Nuevo León.	98
TABLA 6.- Independencia de la generación de los residuos sólidos con los días de la semana y por estrato socioeconómico en kg/habitante-día	100
TABLA 7.- Generación "per-cápita" de residuos sólidos en kg/hab-día de la Colonia Pueblo Nuevo, 5o. sector, en Apodaca, Nuevo León.	101
TABLA 8.- Generación "per-cápita" de residuos sólidos en kg/hab-día de la colonia Los Fresnos, 1er. sector, en Apodaca, N.L.	102
TABLA 9.- Pesos volumétricos promedio en kg/m ³ de los residuos sólidos por nivel socioeconómico.	104
TABLA 10.- Peso volumétrico en kg/m ³ de los residuos sólidos por día en la colonia Pueblo Nuevo, 5o. sector. Apodaca, Nuevo León.	105
TABLA 11.- Peso Volumétrico en kg/m ³ de los residuos sólidos por día en la colonia Los Fresnos, 1er. sector. Apodaca, Nuevo León.	106
TABLA 12.- Independencia de los valores promedio de generación de subproductos para los tres estratos socioeconómicos, Apodaca, Nuevo León.	108
TABLA 13.- Total de subproductos reciclables en el municipio de Apodaca.	149
TABLA 14.- Subproductos reciclables con campaña a 8 años con 10% de incremento anual a partir de 1997.	150
TABLA 15.- Residuos sólidos domésticos que van al relleno sanitario sin reciclaje y con 10% de incremento anual.	152

RESUMEN

El municipio de Apodaca, N.L., afronta graves problemas causados por los residuos sólidos, por lo cual apoya estudios como éste, a fin de diagnosticar las condiciones actuales de los sistemas de aseo urbanos, para revalidar los programas y métodos existentes, con miras a racionalizar las soluciones y revertir los problemas en propuestas viables, acordes al tiempo que vive el país.

En el presente estudio se elaboró un diagnóstico de las condiciones en que se encuentran actualmente los sistemas de aseo urbanos, en el cual destaca cierta eficiencia limitada a ciertos sectores de la población y queda en desventaja los estratos socioeconómicos bajos, debido a la corta cobertura y baja frecuencia de recolección que se les brinda, además de una no muy eficiente elección de los equipos utilizados. Las condiciones económicas del Departamento de Limpia, también podrían ser mejoradas.

Se estudió la caracterización de los residuos sólidos, en los niveles socioeconómicos existentes bajo y medio, según análisis estadísticos, como lo señalan las Normas Mexicanas vigentes en materia de residuos sólidos municipales y se obtuvo la Generación "per-cápita", el peso volumétrico y la cantidad de subproductos generados.

También, se elaboró un sondeo de opinión, en el cual se abordaron los principales aspectos relacionados con el sistema de aseo urbano, en el cual destaca la falta de información que existe entre los pobladores del municipio y la poca disposición a cambiar las costumbres para el manejo de los residuos sólidos.

Con el fin de conocer las condiciones del sistema de recolección municipal, se realizó un estudio de tiempos y movimientos, recabando información que sirve como base para la reestructuración de las rutas. Este estudio se llevó a cabo en diferentes zonas de las que componen al municipio, suponiendo dos diferentes niveles socioeconómicos.

Se investigaron los aspectos técnicos, administrativos, sociales y económicos de tres alternativas conocidas para el manejo y tratamiento de los residuos sólidos que se manejan a nivel mundial: la incineración, el reciclaje y el relleno sanitario; opciones que podrían implantarse para el tratamiento de los residuos sólidos en Apodaca; evaluándose, en general, las ventajas y las desventajas, de cada opción, de donde se seleccionaron las dos más viables, para después ser evaluadas de acuerdo a las condiciones actuales del municipio.

Se desarrolló un análisis de los beneficios que acarrearía la implantación de un programa de reciclaje para los residuos del municipio de Apodaca, con ciertos beneficios para los propios generadores. Se cuantificó la cantidad de subproductos provenientes de los residuos sólidos domésticos, que podrían ser aprovechados como materia prima en la industria. El programa de reciclaje se contempló a 8 años a partir de 1997, con incremento del 10% anual, hasta llegar a reciclar un 80% del total en el año 2004. En esta campaña se plantea la segregación de papel, el cartón, el aluminio, el vidrio claro y el de color, además de los materiales ferrosos.

Se evaluaron las condiciones actuales del sistema de recolección en uso, que dispone los residuos sólidos en el relleno sanitario, elaborándose una serie de propuestas para mejorar las condiciones de almacenamiento, recolección y transporte, con planeación y desarrollo de programas de uso productivo de equipos y personal.

Ambos análisis se presentaron a los diseñadores de los programas de aseo urbano del municipio de Apodaca, quedando a su criterio el seleccionar la mejor opción acorde a los aspectos económicos, sociales y técnicos; no sin antes evaluar exhaustivamente cada uno de los modelos adecuándolos a sus necesidades e intereses.