

ESTRATO BAJO

(continuación)

	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	TOTAL
Plástico de película	1.750	2.775	1.400	2.075	1.925	1.550	1.125	12.600
PLÁSTICO PLÁSTICO RÍGIDO	1.450	1.325	1.250	1.625	1.300	2.025	0.850	9.825
S								
Poliestireno expandido	0.175			0.125			0.100	0.400
Mica								
S U M A	3.375	4.100	2.650	3.825	3.225	3.575	2.075	22.825

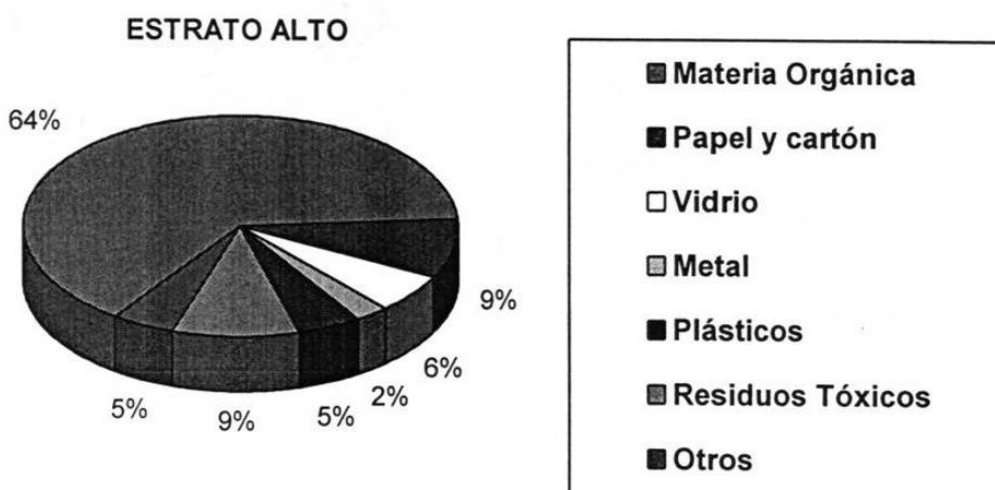
	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	TOTAL
Residuo fino	2.175	4.450	0.500	4.025	3.225	1.975	3.375	19.725
Fibras sintéticas								
OTRO S	0.225	0.875	2.700			1.350	0.200	1.550
Hule	0.375					1.275	0.200	2.575
Loza y cerámica						1.15	0.675	4.900
Mat. de construcción	1.325	0.925		0.425	0.375	2.775	7.775	13.600
Trapo	0.850			0.350		1.050	1.150	3.400
Papel aluminio	0.225	0.275	0.500	0.200	0.300	0.125	0.100	1.725
S U M A	5.175	6.525	3.700	5.000	3.900	9.700	13.475	47.475

	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	TOTAL
RESIDUO S	6.600	4.300	7.600	12.525	7.775	6.225	12.500	57.525
TÓXICOS	0.425	0.400				1.175		2.000
S U M A	7.025	4.700	7.600	12.525	7.775	7.400	12.500	59.525

CUADRO 10 ESTIMACIONES SOBRE LA CANTIDAD DE SUBPRODUCTOS POR ESTRATO

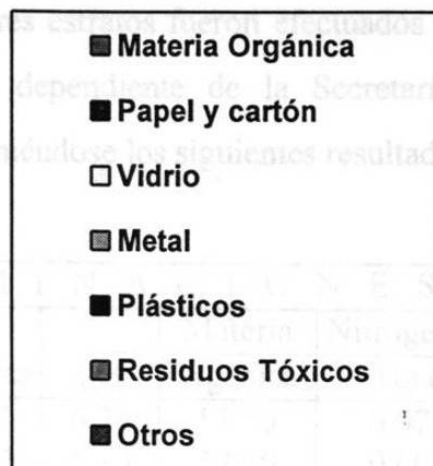
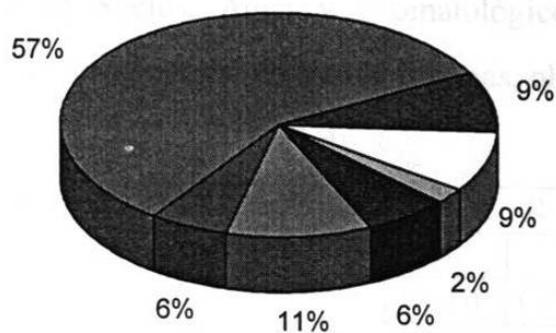
SUBPRODUCTOS	ESTRATOS					
	ALTO		MEDIO		BAJO	
	Kgs	%	Kgs	%	Kgs	%
Materia Orgánica	271.275	64	230.250	57	188.975	50
Papel y Cartón	36.675	9	34.450	9	23.750	6
Vidrio	24.400	6	35.375	9	17.550	5
Metal	10.275	2	9.900	2	13.125	4
Plásticos	20.400	5	25.000	6	22.0825	6
Residuos Tóxicos	38.825	9	43.375	11	59.525	16
Otros	20.525	5	23.800	6	47.475	13

GRAFICA 4 ESTIMACIONES SOBRE LA CANTIDAD DE SUBPRODUCTOS POR ESTRATO

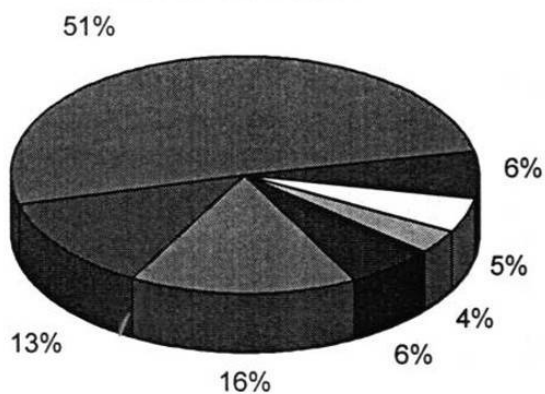


4.5.- Análisis de Laboratorio

ESTRATO MEDIO



ESTRATO BAJO



6.5.- Análisis de Laboratorio

El análisis químico de las muestras de los tres estratos fueron efectuados en el Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatológicos, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería del Estado de Chiapas, obteniéndose los siguientes resultados:

ESTRATOS		DETERMINACIONES					
ALTO		Humedad		Cenizas	pH	Materia	Nitrógeno
No. de Muestra	Clave	% Hr	% Ht			Orgánica	Total
228	EA-171095	51.60	9.80	11.41	6.25	53.50	0.572
231	EA-181095	46.80	6.00	17.42	6.10	57.00	0.604
234	EA-191095	60.80	3.00	27.76	5.80	58.00	0.523
237	EA-201095	62.40	34.00	7.11	5.70	52.00	0.120
240	EA-211095	47.50	5.60	30.23	6.70	50.00	0.503
243	EA-221095	55.20	13.60	31.94	7.50	40.92	0.584
246	EA-231095	44.00	4.60	31.70	6.45	33.54	0.684
M E D I O							
229	EM-171095	47.50	6.30	17.23	5.90	51.80	0.476
232	EM-181095	61.60	8.00	18.50	5.40	61.37	0.604
235	EM-191095	56.40	2.60	16.64	5.25	53.33	1.147
238	EM-201095	42.00	1.40	33.33	5.60	45.30	0.785
241	EM-211095	55.40	4.80	32.40	6.80	39.91	0.120
244	EM-221095	32.40	7.40	7.75	5.55	52.32	0.483
247	EM-231095	65.80	6.80	15.40	5.60	59.70	0.825
B A J O							
230	EB-171095	48.40	7.20	32.17	6.40	42.24	0.497
233	EB-181095	56.60	5.40	46.20	6.60	55.00	1.250
236	EB-191095	39.00	3.00	65.96	5.90	12.41	0.261
239	EB-201095	28.00	3.60	52.42	7.50	38.90	0.3615
242	EB-211095	66.80	3.00	37.64	7.00	20.12	0.443
245	EB-221095	56.80	5.00	41.04	7.40	43.60	0.503
248	EB-231095	59.20	2.20	63.81	6.20	41.60	0.483

OBSERVACIONES : Hr = Humedad de recibido
Ht = Humedad de trabajo

6.5.6.- Cálculos del % C, % H Y % O.

ESTRATO ALTO.

Sólo se ejemplifica el cálculo para la primera muestra de cada estrato, para las demás muestras, sólo se presentarán los resultados.

MUESTRA 228

CLAVE EA-171095

CONTENIDO DE CARBONO.

$$\begin{aligned} \% C &= (\% \text{ M.O.}) (0.58) \\ \% C &= 53.5 (0.58) = \underline{31.03} \end{aligned}$$

CONTENIDO DE HIDRÓGENO.

$$\begin{aligned} \% H &= \frac{\% \text{ DE M.O.}}{15} \\ \% H &= \frac{53.50}{15} = 3.566 \end{aligned}$$

CONTENIDO DE OXÍGENO.

$$\begin{aligned} \% O &= (\% \text{ DE M.O.}) - (\% C + \% H + \% N) \\ \% O &= 53.50 - (31.03 + 3.566 + 0.572) \\ \% O &= \underline{18.332} \end{aligned}$$

TABLA DE RESULTADOS.

ESTRATO ALTO.

No. DE MUESTRA	CLAVE	% C	% H	% O
228	EA-171095	31.03	3.566	18.332
231	EA-181095	33.06	3.80	19.536
234	EA-191095	33.64	3.866	19.971
237	EA-201095	30.16	3.466	18.254
240	EA-211095	29.00	3.333	17.164
243	EA-221095	23.733	2.728	13.875
246	EA-231095	19.453	2.236	11.167

ESTRATO MEDIO.

MUESTRA 292

CLAVE EM-171095

CONTENIDO DE CARBONO.

$$\% C = (\% M.O.) (0.58)$$

$$\% C = 51.80 (0.58) = \underline{30.044}$$

CONTENIDO DE HIDRÓGENO.

$$\% H = \frac{\% DE M.O.}{15}$$

$$\% H = \frac{51.80}{15} = 3.453$$

CONTENIDO DE OXÍGENO.

$$\% O = (\% DE M.O.) - (\% C + \% H + \% N)$$

$$\% O = 51.80 - (30.044 + 3.453 + 0.476)$$

$$\% O = \underline{17.827}$$

TABLA DE RESULTADOS.

ESTRATO MEDIO.

No. DE MUESTRA	CLAVE	% C	% H	% O
229	EM-171095	30.0440	3.453	17.827
232	EM-181095	35.5946	4.091	21.08
235	EM-191095	30.9314	3.555	17.696
238	EM-201095	26.2740	3.020	15.221
241	EM-211095	23.1478	2.660	13.9822
244	EM-221095	30.3456	3.488	18.00
247	EM-231095	34.6260	3.980	20.269

ESTRATO BAJO.

MUESTRA 230

CLAVE EA-171095

CONTENIDO DE CARBONO.

$$\% C = (\% M.O.) (0.58)$$

$$\% C = 42.24 (0.58) = \underline{24.499}$$

CONTENIDO DE HIDRÓGENO.

$$\% H = \frac{\% DE M.O.}{15}$$

$$\% H = \frac{42.24}{15} = 2.816$$

CONTENIDO DE OXÍGENO.

$$\% O = (\% DE M.O.) - (\% C + \% H + \% N)$$

$$\% O = 42.24 - (24.499 + 2.816 + 0.497)$$

$$\% O = \underline{14.428}$$

TABLA DE RESULTADOS.

ESTRATO BAJO.

No. DE MUESTRA	CLAVE	% C	% H	% O
230	EB-171095	24.4990	2.8160	14.4280
233	EB-181095	31.9000	3.6660	18.1840
236	EB-191095	7.1978	0.8273	4.1239
239	EB-201095	22.5620	2.5930	13.3835
242	EB-211095	11.6696	1.3410	6.6666
245	EB-221095	25.2880	2.9060	14.9030
248	EB-231095	24.1280	2.7730	14.2160

6.5.7.- Cálculo del Poder Calorífico

Utilizando la fórmula modificada de Dulong.¹¹

$$\text{kJ/kg} = 337C + 1,428(H - O/8) + 95S$$

Para todas las muestras de todos los estratos, se estimará el contenido de azufre igual a 0.2 % (Valor típico en residuos sólidos municipales).⁷

Sólo se ejemplificara el cálculo de la primera muestra, de cada estrato, para las muestras restantes sólo se presentaran los resultados.

ESTRATO ALTO.

MUESTRA 228

CLAVE EA-171095

$$\text{kJ/kg} = 337 (31.03) + 1428 (3.566 - 18.332 / 8) + 95 (0.2)$$

$$\text{kJ/kg} = 10,457.11 + 1,819.986 + 19$$

$$\text{kJ/kg} = 12,296.096$$

$$1 \text{ Kcal} = 4.187 \text{ kJ}^{13}$$

TABLA DE RESULTADOS.

ESTRATO ALTO

No. de Muestra	Clave	Poder Calorífico	
		(kJ / Kg)	(Kcal / Kg)
228	EA- 171095	12,296.096	2,936.7318
231	EA-181095	13,099.440	3,128.5980
234	EA-191095	13,311.505	3,179.2464
237	EA-201095	11,874.029	2,835.9276
240	EA-211095	11,487.750	2,743.6709
243	EA-221095	9,435.918	2,253.6225
246	EA-231095	7,774.356	1,856.7852

ESTRATO MEDIO.

$$\text{kJ/kg} = 337C + 1,428(H - O/8) + 95S$$

MUESTRA 229

CLAVE EM-171095

$$\begin{aligned} \text{kJ/kg} &= 337 (30.044) + 1428 (3.453 - 17.827 / 8) + 95 (0.2) \\ \text{kJ/kg} &= 11,892.593 \end{aligned}$$

TABLA DE RESULTADOS.

ESTRATO MEDIO

No. de Muestra	Clave	Poder Calorífico	
		(kJ / Kg)	(Kcal / Kg)
229	EM- 171095	11,892.59	2,840.3606
232	EM-181095	14,093.54	3,366.0234
235	EM-191095	12,360.68	2,952.1567
238	EM-201095	10,468.95	2,500.3463
241	EM-211095	10,287.18	2,456.9334
244	EM-221095	13,512.73	3,227.3059
247	EM-231095	13.753.38	3,284.7815

ESTRATO BAJO.

$$\text{kJ/kg} = 337C + 1,428(H - O/8) + 95S$$

MUESTRA 230

CLAVE EB-171095

$$\begin{aligned} \text{kJ/kg} &= 337 (24.499) + 1428 (2.816 - 14.428 / 8) + 95 (0.2) \\ \text{kJ/kg} &= 9,721.013 \end{aligned}$$

TABLA DE RESULTADOS.

ESTRATO BAJO

No. de Muestra	Clave	Poder Calorífico	
		(kJ / Kg)	(Kcal / Kg)
230	EB- 171095	9,721.013	2,321.7132
233	EB-181095	10,750.300	2,567.5424
236	EB-191095	2,889.920	690.21250
239	EB-201095	8,937.386	2,134.5559
242	EB-211095	4,676.720	1,116.9620
245	EB-221095	10,030.630	2,395.6604
248	EB-231095	9,572.420	2,286.2240

6.5.8.- Fórmulas Empíricas Mínimas Representativas de los Residuos Sólidos de cada Muestra por Estrato

METODOLOGÍA:

- Se fija una base de cálculo, por ejemplo 100 gr. de muestra.
- Con los porcentajes de los componentes proporcionados se calculan las cantidades en gramos.
- Y conociendo el peso molecular de cada uno, se calcula el número de moles, con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\text{Masa}}{\text{P.M.}}$$

Donde:

n = número de moles

Masa = peso del elemento en gramos

P.M. = peso molecular del elemento

- Al obtener el número de moles de cada elemento se toma como referencia los átomogramos del carbono o en su defecto, se considera el número de moles más pequeño, como divisor patrón el cual dividirá a los demás, y a si mismo para conocer la proporción de cada elemento en la fórmula.
- Solamente se realizaran los cálculos para la primera muestra, del estrato alto y los demás resultados se incluirán en el cuadro así. como el de los dos estratos restantes.

ESTRATO ALTO

MUESTRA 228

CLAVE EA-171095

DATOS DE LA COMPOSICIÓN.

C = 31.03 %

H = 3.566 %

O = 18.332 %

N = 0.572 %

BASE HÚMEDA.

CÁLCULO DEL NÚMERO DE MOLES

P.M. del C = 12.01115 g/gmol

P.M. del H = 1.00797 g/gmol

P.M. del O = 15.9994 g/gmol

P.M. del N = 14.0067 g/gmol

$$C = \frac{31.0300}{12.01115} = 2.5834 \text{ gmol}$$

$$H = \frac{3.5660}{1.00797} = 3.5378 \text{ gmol}$$

$$O = \frac{18.332}{15.9994} = 1.1457 \text{ gmol}$$

$$N = \frac{0.572}{14.0067} = 0.04105 \text{ gmol}$$

Se toma como base el No. 0.04105, dividiéndose entre sí mismo y cada elemento, tenemos:

$$N = \frac{0.04105}{0.04105} = 1$$

$$C = \frac{2.5834}{0.04105} = 62.93 \approx 63$$

$$H = \frac{3.53780}{0.04105} = 86.18 \approx 86$$

$$O = \frac{1.1457}{0.04105} = 27.9 \approx 28$$

La fórmula empírica C H O N

Queda de la siguiente manera:



TABLA DE RESULTADOS
ESTRATO ALTO.

No. DE MUESTRA	CLAVE	COMPOSICIÓN				FÓRMULA MÍNIMA
		% C	% H	% O	% N	
228	EA-171095	31.03	3.566	18.332	0.572	$C_{63} H_{86} O_{28} N$
231	EA-181095	33.06	3.80	19.536	0.604	$C_{67} H_{92} O_{30} N$
234	EA-191095	33.64	3.866	19.971	0.523	$C_{75} H_{103} O_{33} N$
237	EA-201095	30.16	3.466	18.254	0.120	$C_{73} H_{100} O_{93} N_{0.25}$
240	EA-211095	29.00	3.333	17.164	0.503	$C_{67} H_{92} O_{30} N$
243	EA-221095	23.733	2.728	13.875	0.584	$C_{47} H_{65} O_{29} N$
246	EA-231095	19.453	2.236	11.167	0.684	$C_{33} H_{45} O_{14} N$

ESTRATO MEDIO.

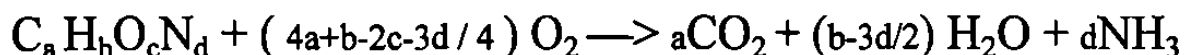
No. DE MUESTRA	CLAVE	COMPOSICIÓN				FÓRMULA MÍNIMA
		% C	% H	% O	% N	
229	EM-171095	30.044	3.453	17.827	0.476	$C_{74}H_{101}O_{33}N$
232	EM-181095	35.5946	4.091	21.08	0.604	$C_{69}H_{94}O_{31}N$
235	EM-191095	30.9314	3.555	17.696	1.147	$C_{31}H_{43}O_{14}N$
238	EM-201095	26.2740	3.020	15.221	0.758	$C_{39}H_{54}O_{17}N$
241	EM-211095	23.1478	2.660	13.9822	0.120	$C_{56}H_{77}O_{26}N_{0.25}$
244	EM-221095	30.3456	3.488	18.00	0.483	$C_{73}H_{101}O_{33}N$
247	EM-231095	34.6260	3.980	20.269	0.825	$C_{49}H_{67}O_{22}N$

ESTRATO BAJO.

No. DE MUESTRA	CLAVE	COMPOSICIÓN				FÓRMULA MÍNIMA
		% C	% H	% O	% N	
230	EB-171095	24.499	2.816	14.428	0.497	$C_{57}H_{79}O_{25}N$
233	EB-181095	31.9000	3.6660	18.1840	1.25	$C_{30}H_{41}O_{13}N$
236	EB-191095	7.1978	0.8273	4.1239	0.261	$C_{32}H_{44}O_{14}N$
239	EB-201095	22.5620	2.5930	13.3835	0.3615	$C_{73}H_{100}O_{32}N$
242	EB-211095	11.6696	1.3410	6.6666	0.443	$C_{31}H_{42}O_{13}N$
245	EB-221095	25.2880	2.9060	14.9030	0.503	$C_{59}H_{80}O_{26}N$
248	EB-231095	24.1280	2.7730	14.2160	0.483	$C_{58}H_{80}O_{26}N$

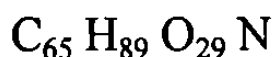
6.5.9 Determinación del Potencial contaminante.

Para la estimación del potencial contaminante de los residuos sólidos domésticos se emplea la ecuación química estequiométrica que gobierna la estabilización aeróbica.



- Cálculo de la DBO teórica, para la degradación de la materia orgánica del Estrato Alto.

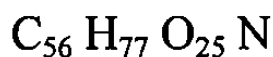
Fórmula mínima empírica promedio.



Requerimiento de DBO = 1.7086 g de O_2 / g de Basura.

- Cálculo de la DBO teórica, para la degradación de la materia orgánica del Estrato Medio.

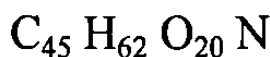
Fórmula mínima empírica promedio.



Requerimiento de DBO = 1.7234 g de O_2 / g de Basura.

- Cálculo de la DBO teórica, para la degradación de la materia orgánica del Estrato Bajo.

Fórmula mínima empírica promedio.



Requerimiento de DBO = 1.7670 g de O_2 / g de Basura.

6.6.- Discusión de los Resultados

- Por lo que respecta a los resultados de humedad, el rango de humedad de un residuo sólido municipal va de 15 - 40 %, un valor típico es de 20 % ⁷, para los residuos sólidos de los U. S. A., sin embargo en este estudio realizado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en la mayoría de las muestras de los tres estratos, se obtuvo una humedad superior, ya que los componentes de los residuos alimenticios y residuos de jardinería son los que aportan mayor cantidad de agua, como es el caso de las muestras determinadas, en las cuales estos componentes se encuentran en mayor cantidad.
- El contenido de cenizas en un residuo sólido municipal va en un rango de 6 a 12 % encontrándose un valor típico del 8 % ⁷, Como el contenido de cenizas se relaciona con la materia orgánica, en las muestras donde se encontró menor cantidad de materia orgánica, se incrementó el valor del contenido de cenizas, como sucedió en las muestras del estrato bajo con respecto a los otros estratos.
- Para el valor de pH se obtuvieron los resultados oscilando en un rango de 5.25 - 7.5, para los tres estratos comportándose ligeramente ácido y ligeramente alcalino. Específicamente en el estrato medio se obtuvieron en todas las determinaciones valores de acidez promediando un valor de 5.72, mientras que para el estrato alto se obtuvo un valor promedio de 6.357 y para el estrato bajo un valor promedio de 6.71.
- Relativo al contenido de la materia orgánica, el análisis químico coincidió con los valores obtenidos en la selección y cuantificación de sub-productos donde predomina la presencia del material orgánico principalmente por los residuos alimenticios, etc. La cuantificación de este parámetro, es importante, ya que con él se estiman los % de C, H, O principalmente.

- Los resultados del contenido de nitrógeno, en las muestras, la mayoría (19) muestras de 21 caen dentro del rango marcado que va de 0.2 - 1.0 %⁷.
- Conociendo los valores de materia orgánica y nitrógeno, se estuvo en posibilidades de calcular el % C, % H y % O según los datos experimentales de Jackson. .
- Relativo a las determinaciones del poder calorífico se efectuaron en forma teórica utilizando la fórmula modificada de Dulong, la cual aproxima el valor como si se hubiese efectuado la prueba.

El valor calorífico de un residuo sólido municipal va del rango 9,300 - 12,800 kJ/kg, encontrándose el valor típico de 10,500 kJ/kg⁷ .

El poder calorífico se debe principalmente a las cantidades presentes de carbono e hidrógeno, el promedio de poder calorífico del estrato alto es de 11,325.585 kJ/kg o 2,704.94 Kcal / Kg situándose dentro del rango de un residuo sólido municipal..

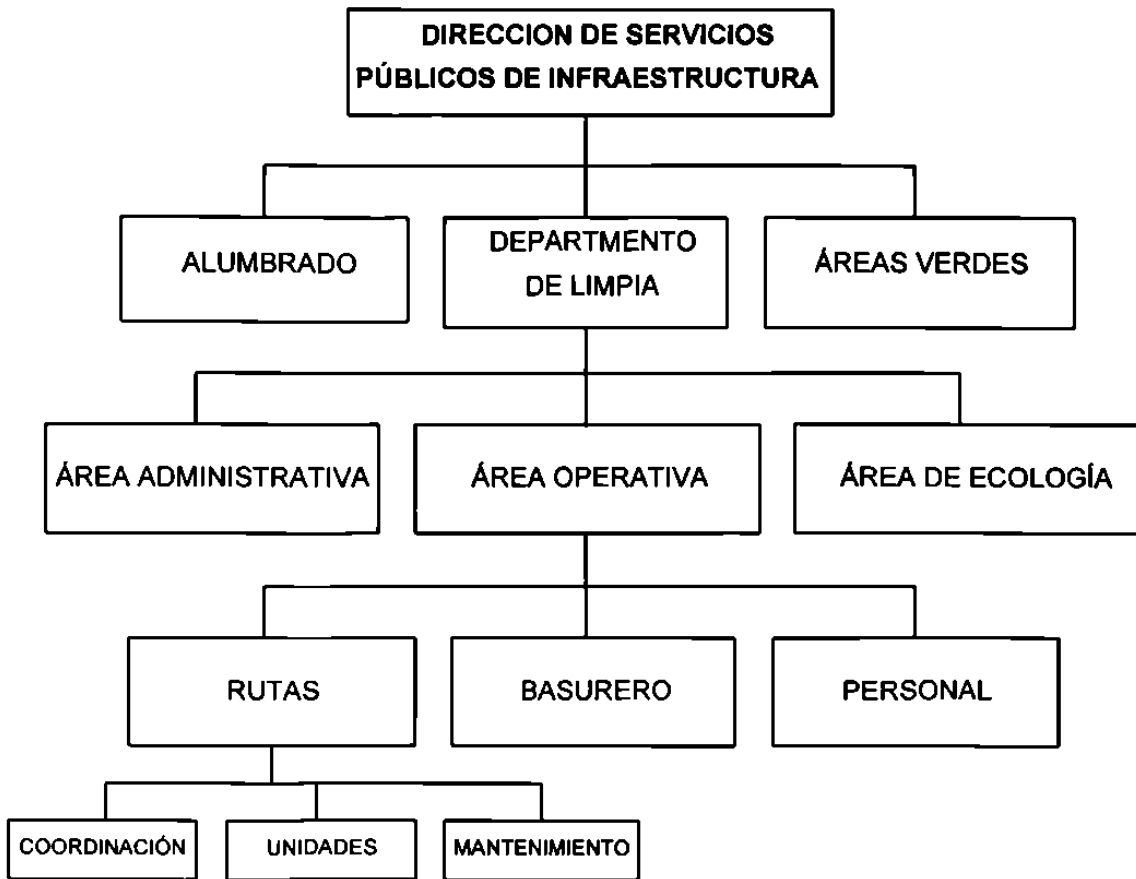
- Para el estrato medio se tiene un promedio igual a 12,338.43 kJ/kg, encontrándose en el rango estipulado. Por su parte el estrato bajo presenta un valor promedio igual a 8,083.0555 kJ/kg el cual se encuentra abajo del límite inferior del rango establecido, esto se debe principalmente a que la mayoría de las muestras, tienen un bajo por ciento de carbono e hidrógeno.
- Por lo que respecta a las fórmulas empíricas mínimas, la fórmula tipo $C_{50}H_{100}O_{40}N$ tiene un valor calorífico típico igual a 10,500 kJ/kg de un residuos sólido municipal⁷. Tomando este dato como parámetro, encontramos que el límite inferior del rango mencionado anteriormente es 9,300 kJ/kg por lo que la fórmula empírica mínima que se acerca a este valor de todas las muestras estimadas es la muestra No. 243, del estrato alto con un valor de 9,435.9175 kJ/kg y le corresponde la fórmula $C_{47}H_{65}O_{29}N$. Como se mencionó anteriormente, principalmente la cantidad de carbono e hidrógeno determinan el valor calorífico de una sustancia, por lo tanto analizando los demás valores de todas las muestras, las que tengan un valor mayor a C_{47} caen dentro

CAPÍTULO 7

REVISIÓN DEL SISTEMA Y PROPUESTAS

EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS

SÓLIDOS MUNICIPALES



7.1.2 Personal

De acuerdo con el organigrama anterior, el Departamento de limpia, cuenta con el siguiente personal:

- Administrativos	18 personas
- Choferes	55 personas
- Recolectores	193 personas
- Barrenderos	110 personas
- Campaneros	25 personas
T O T A L	<u>401 personas</u>

El personal administrativo, se divide en :

- 1 Jefe de Departamento de limpia, con 3 subordinados (Jefes de área).
- 3 Secretarias.
- El jefe del área operativa, tiene a su cargo a 3 Jefes de oficina: Rutas, Basurero y Personal
- El jefe de rutas tiene a su cargo a 3 Jefes de sección: Coordinación. Unidades y Mantenimiento con un ayudante cada una.
- El jefe del basurero, tiene un ayudante.
- El jefe de personal, tiene un ayudante.

7.1.3 Equipo Para la Recolección y Transporte al Sitio de Disposición Final

TIPO DE UNIDAD	CAPACIDAD	CANTIDAD	SITUACIÓN
Recolección:			
- Volteo	3 Ton.	2	Propios
- Volteo	6 m ³	8	Propios
- Volteo	6 m ³	13	Rentados
- Volteo	12 m ³	4	Rentados
- Camión compactador, carga lateral	20 Yd ³	10	Propios
- Vehículo de remolque de contenedores (roll on-roll off)	4 m ³	2	Propios
- Tráiler, tipo tolva	45 m ³	3	Propios
- Tráiler	30 m ³	1	Propio
Barrido:			
- Máquinas barredoras, de gasolina marca Sweeprite		2	Propias
- Carros rodantes 2 tambos c/u.	0.4 m ³	70	Propios

7.1.4 Operación en la Recolección

SERVICIO

El servicio de recolección que se presta, es conocido como método de esquina o parada fija , consiste en el recorrido que efectúa cada camión recolector, parándose en cada esquina de su ruta, para recolectar los residuos sólidos de los usuarios, anunciando su arribo, mediante el sonido de una campana, cuerdas antes de su llegada a la esquina.

Posteriormente, los usuarios en cada esquina, hacen una fila para entregar sus residuos sólidos al trabajador que se encuentra a un lado del camión, este a su vez lo entrega a un segundo trabajador que se encuentra arriba del camión de carga lateral, este recibe los residuos y los deposita dentro de la caja del camión, después regresa el recipiente vacío al trabajador de piso, el cuál entrega al usuario su recipiente. Este procedimiento se repite con cada usuario en cada esquina del recorrido.

Los tiempos y movimientos de cada vehículo en cada ruta, son como sigue :

1er. viaje

Del encierro a inicio de ruta	6:00 a 6:10
De inicio de ruta a fin de ruta	6:10 a 8:10
De fin ruta a basurero	8:10 a 9:20
De basurero a inicio de ruta	9:20 a 10:10

2o. viaje

inicio de ruta a fin de ruta	10:10 a 12:10
de fin de ruta a basurero	12:10 a 13:20
de basurero al encierro	13:20 a 14:00

El recorrido de cada ruta desde el encierro hasta su regreso comprende un turno de 8 horas, repartido generalmente en 4 horas para los viajes (2 horas de inicio a fin de ruta) y 4 horas correspondientes a 2 viajes que realiza cada vehículo al sitio de disposición final o estación de transferencia.

En las colonias donde se realiza la recolección en forma particular, la basura es almacenada en 3 centros de acopio de basura, localizados en las colonias Mirarmar, Las Palmas y Xamaipac.

El servicio a mercados municipales se hace levantando los contenedores y regresándolos vacíos, utilizando las unidades roll on - roll off. Cabe aclarar que por insuficiencia en el servicio, en cuanto al número de camiones recolectores de basura, se utilizan camiones de volteo, los cuáles trabajan con baja eficiencia.

EQUIPO

El número de camiones destinados a la recolección son 37 , solamente 10 unidades son específicas para la recolección de basura, del tipo camiones compactadores de carga lateral de capacidad de 20 Yd³ y el resto son camiones de volteo improvisados de diferentes capacidades, mostradas en el cuadro anteriormente.

Existen en la ciudad 8 contenedores de 4 m³, ubicados en los siguientes mercados municipales : 20 de Noviembre, 5 de Mayo con dos contenedores, 24 de Junio, Santa Cruz Terán, San Juan, San Antonio y uno en el fraccionamiento Residencial Hacienda, los cuáles son movidos con las dos unidades roll on - roll off, y realizando un recorrido por la ciudad en algunos mercados, sitios de difícil acceso, unidades habitacionales, este número de contenedores es insuficiente para toda la ciudad.

Por lo general cada unidad recolectora cubre una ruta, sin quedar unidades para desperfectos.No se cuenta con unidades de reserva.

Como se mencionó anteriormente, el número de viajes que realiza cada vehículo son dos y algunas veces, es variable, de acuerdo a las necesidades que se presenten.

FRECUENCIA, HORARIOS Y COBERTURA DEL SERVICIO

El número de rutas en la localidad son 36, cubriendo a 4 sectores en los horarios siguientes:

- Turno matutino (de 6:00 a 14:00 hrs.)
- Turno vespertino (de 14:00 a 22:00 hrs.)
- Turno nocturno (de 22:00 a 2:00 hrs.), en este turno se cubren las posibles rutas que no se hacen, por desperfecto mecánico y rutas críticas, las cuales cubren a mercados, Instituciones federales, estatales y municipales.

La recolección actual, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, no es homogénea, ya que existen sectores en los que el servicio se presta diariamente, o cada 2 , ó 3 días , en otras donde se presta una vez a la semana mientras que en otras se carece de este servicio. Se investigó la cobertura de las rutas existentes vaciando éstas en un plano actualizado de la ciudad y se vio que cubren un porcentaje aproximadamente del 80 % del servicio a la población, y que el resto queda sin servicio motivando que la gente se deshaga de la basura tirándola a lotes baldíos , quemándola, o reciclándola, etc.

GENERACIÓN

Según la información proporcionada, la cantidad generada de basura diariamente es de aproximadamente 350 a 400 toneladas, aumentando en el mes de diciembre a 500. Este dato lo estiman, sin tener un control del peso que llega al basurero; por lo que se realizó una investigación , con los datos proporcionados expresados en volumen de basura, que llegan al tiradero y utilizando un valor bibliográfico para el peso volumétrico promedio aproximado en contenedores, igual a 260 Kgs/ m³, se estimó la cantidad en toneladas, durante la información de una semana, resultando una generación promedio de 378 toneladas diarias.

Algunas microindustrias, llevan sus residuos en forma particular al basurero y el municipio tampoco lleva un control de entrada de estos residuos sólidos generados.

Las principales fuentes de generación son de origen doméstico y otras en las que se encuentran las podas de las áreas verdes, etc.

TRANSPORTE

Existe una estación de transferencia, cuya capacidad no se especifica, localizada en un sitio de la ciudad hacia el Noroeste, conocido con el nombre de “ La Chacona “, que visité y me percaté de que no existe control del peso de los residuos que se transfieren y solamente consiste en vaciar la basura de algunos camiones recolectores a los “ tráilers “ descritos anteriormente. Otros camiones recolectores o “ Volteos “ llevan los residuos al tiradero y sólo se tiene un control aproximado del volumen transportado.

El tiempo estimado de cada “ tráiler “ de la estación de transferencia, al sitio de disposición final es de 5 horas por viaje, incrementándose este tiempo debido a las pésimas condiciones en que se encuentra el camino, el cual no está pavimentado y tiene, aproximadamente, 5 kilómetros de subida, lo cual fuerza demasiado los motores de los camiones.

El tiempo que tarda cada vehículo recolector en ir y venir al sitio de disposición final es de 2 horas aproximadamente.

COSTOS

El costo del servicio de limpia no fue proporcionado.

7.1.5 Operación del Barrido

Existen dos métodos de barrido: El manual y el mecánico.

BARRIDO MANUAL

EQUIPO

Por lo que respecta al barrido, manual según información proporcionada por el departamento de limpia del H. Ayuntamiento, existen 70 carritos, formados por dos tambos metálicos de 200 L. de capacidad cada uno, en donde se depositan los residuos sólidos. De estos carritos, 10 efectúan el recorrido de recolección en 5 colonias del estrato alto y medio, por ejemplo las colonias: Arboledas, El Retiro, Real del bosque, Las Palmas y Xamaipac. y los demás carritos efectúan el barrido en mercados, parques y jardines, sitios de interés, calles de la ciudad, de las del primer cuadro general.

FRECUENCIA, HORARIOS Y COBERTURA

La cobertura es como sigue :

- Cuadrante Norte Poniente.- De la calle Central a la Doceava poniente y de la avenida Central a la Quinta norte, en horario diurno.
- Cuadrante Sur Poniente.- De la calle Central a la Doceava poniente y de la avenida Central a la Novena sur, en horario diurno.
- Cuadrante Norte Oriente.- De la calle Central a la Onceava oriente y de la avenida Central a la Quinta norte, en horario diurno.
- Cuadrante Sur Oriente.- De la calle Central a la Onceava oriente y de la avenida Central a la Novena sur, en horario diurno.

Con una frecuencia de barrido diaria en el primer cuadro de la ciudad y según necesidades en parques , jardines y sitios de interés. Es de notar que la mayoría de los barrenderos no porta su uniforme.

RENDIMIENTO

En algunas de estas actividades, principalmente en el barrido manual, participa gente de la tercera edad, ya que por sus condiciones no encontrarían empleo en otro lugar y , en consecuencia, se obtiene un menor rendimiento, del cual no tienen idea , por lo que se hubo de efectuar una investigación de campo, en el cuadrante Sur oriente, que comprende calles pavimentadas. Al medir la longitud barrida en un solo sentido en un turno, resultó de 3.8 kilómetros entre dos personas, en una jornada de trabajo de 8 horas, lo cual reporta un rendimiento igual a 1.9 kilómetros / persona ; ligeramente abajo del rendimiento normal promedio que se da en otras ciudades.

Algunos entrevistados mencionaron tener un rendimiento de 2.4 kilómetros / 8 horas, cuando no es intenso el tráfico y en calles pavimentadas.

El aseo de plazas, parques, sitios de interés, etc, se programa según el grado de suciedad del sitio, pues no hay planeación fija para estas actividades.

BARRIDO MECANICO

EQUIPO EXISTENTE

Dos máquinas barredoras marca Sweeprite, de tres llantas cada una.

FRECUENCIA, HORARIOS Y COBERTURA

Las 2 máquinas actualmente se encuentran sin uso, por problemas de refacciones para su operación, solamente informaron que, cuando trabajan, lo realizan en horario nocturno, generalmente 2 veces por semana, principalmente en periferias y según las necesidades ; sin una programación bien definida. El problema principal radica en el mantenimiento, ya que consultando manuales de operación de diferentes marcas de barredoras mecánicas, todas coinciden en que a diario se les debe de dar, mantenimiento, al final de cada jornada y por falta de conocimiento, interés o de personal, se inutiliza este equipo existente sin tomar recomendaciones del fabricante. Por otro lado, no existe un stock de refacciones actualizado para remediar posibles fallas, ni personal capacitado para repararlas.

RENDIMIENTO

No se conoce el rendimiento, por lo cual realicé una investigación sobre las calles que transitan o barren, cuando está en operación, éstas realizan un recorrido desde las 21:00 horas a las 5:00 horas, cubriendo varias rutas. Un ejemplo de ruta, es la siguiente: Sale la barredora de la central , transitando por el boulevard Belisario Domínguez, hasta la altura de la fuente Mactumactzá, continúa por la Novena norte, hasta la Quinceava oriente, y luego por la Avenida central, hasta la Calzada Ángel Albino Corzo, para seguir por el Libramiento sur y regresar por el Boulevard Belisario Domínguez ,en otro sentido, hacia la central. El recorrido anterior tiene una longitud de 35 kilómetros, aproximadamente, por lo que el rendimiento equivale a 4.37 Km./ hr., que está por abajo de los valores promedio que menciona la bibliografía específica.

7.1.6 Aprovechamiento de los Subproductos de los Residuos Sólidos

CENTROS DE ACOPIO DE MATERIALES RECICLABLES

En la ciudad existen 4 centros de acopio para material reciclable, en donde entregan productos los recolectores de los camiones durante su recorrido, y la gente en general. Entregan principalmente: latas de aluminio, latas ferrosas, vidrio transparente y de color, cartón limpio y sucio, papel, papel periódico, plástico rígido.

Estos centros se localizan en las colonias: Moctezuma, Residencial Hacienda, Mirador y Santa Cruz Terán.

PEPENA

Laboran unos 185 pepenadores. Los subproductos recolectados, por orden de importancia son : aluminio, cobre, cartón, vidrio, plástico y fierro.

El tiempo que se les da a los pepenadores, para la selección de subproductos es de 1 a 2 horas.

PRECIO DE ALGUNOS SUBPRODUCTOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (Kgs.)	PRECIO (\$)
- Latas de Aluminio	1	de 3.50 a 6.50
- Perfil Tubular	1	4.00
- Cobre Comercial	1	de 7.00 a 11.00
- Cartón	1	de 0.10 a 0.20
- Fierro Viejo	1	de 0.15 a 0.20
- Papel de Oficina	1	de 0.15 a 0.50
- Papel Periódico	1	de 0.20 a 1.00
- Bronce	1	3.50
- Botellas de Vidrio	1	0.10
- Rejas de Plástico Para Refresco	1	1.00
- Batería de Carro	1	4.00
- Balastro	1	0.50

7.1.7 Operación en la Disposición Final

UBICACIÓN

El sitio de disposición final con respecto a la cabecera municipal, se localiza al Suroeste aproximadamente, a 37 kilómetros en viaje redondo. Como se mencionó anteriormente, la carretera para llegar al sitio de disposición es de terracería, y se encuentra en pésimas condiciones (ver FIGURA 16).

VEGETACIÓN

La vegetación que circunda el área, es de arbustos y la fauna asociada a la basura son aves de carroña.

PROPIEDAD

La tenencia de la tierra del predio corresponde al ejido de Tuxtla Gutiérrez.

SUPERFICIE

La superficie del predio es de 152 hectáreas y la superficie actual ocupada por el basurero es de 30 Has.

El tiempo de funcionamiento hasta (diciembre del / 95) es de 10 meses, la topografía del terreno es de tipo ondulado y cañada.

No se han presentado incendios y no existen planes de reubicación a corto plazo.

MÉTODO

El basurero trabaja como tiradero a cielo abierto y, en ocasiones, cubierto con tierra, presentando condiciones contaminantes, lo cual se comprobó, mediante una visita al sitio y ubicándolo en un mapa geológico del área, pues corresponde a una formación del Cretácico Superior, donde afloran rocas calizas y lutitas, presentándose una mayor proporción de calizas y éstas, a su vez, están presentes en una cañada en donde también arrojan la basura.

EQUIPO

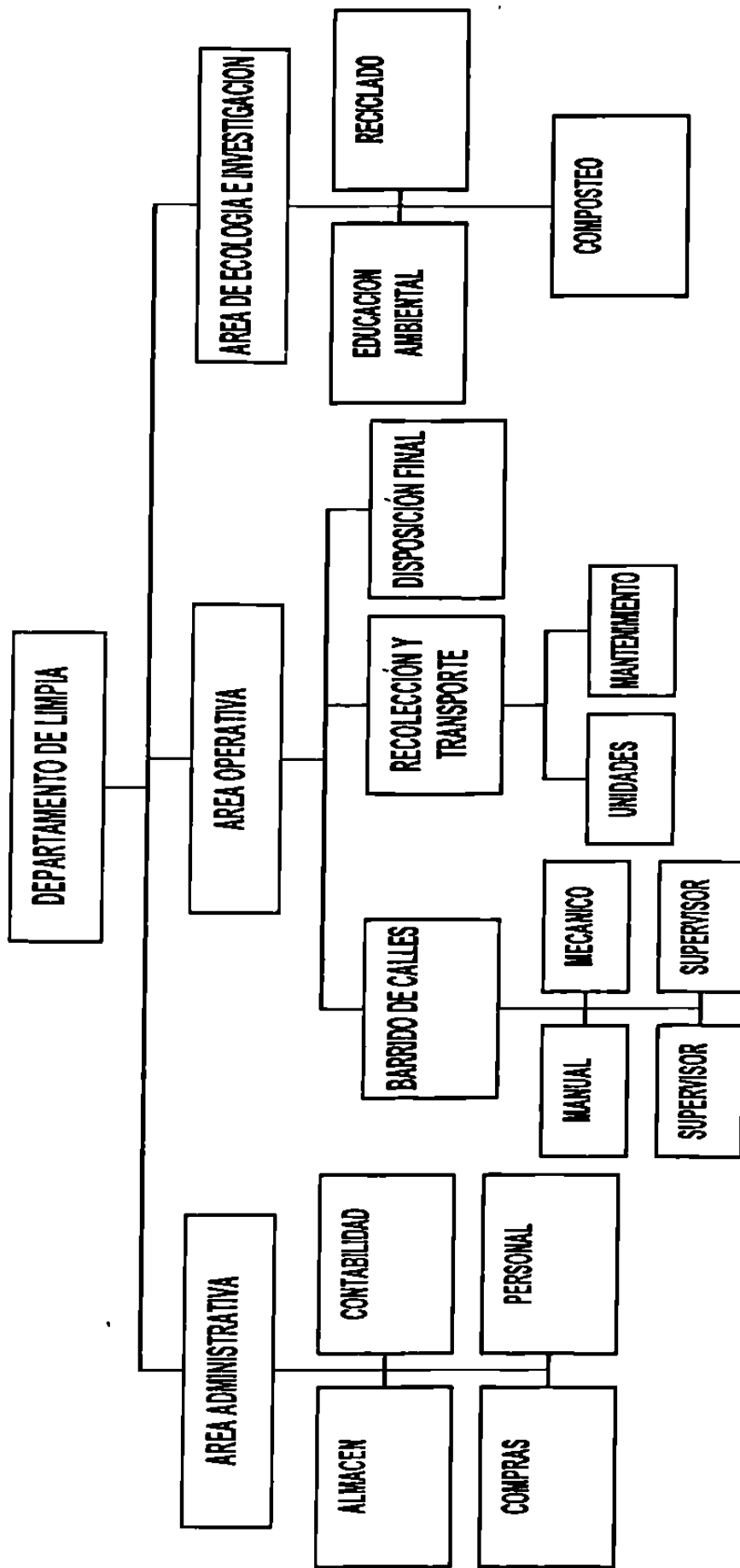
La maquinaria pesada que realiza las funciones de compactación, está contituida por tres unidades: un tractor Caterpillar (D-5) propio del H. Ayuntamiento y dos tractores Caterpillar rentados, (D-5 y D-8).

7.2 Propuestas

7.2.1 Organización

Con el objeto de optimizar las funciones del Departamento de limpia del H.Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, se propone la siguiente estructura orgánica :

ORGANIGRAMA PROPUESTO PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIA



7.2.2 Personal

Elaborando un análisis de puestos y funciones del personal existente y el propuesto en esencia, es el mismo, con la diferencia de que el área administrativa, se desglosa en subordinados, así como el área de Ecología e Investigación y en el área operativa hay un reacomodo de personal, ya que se propone personal nuevo, para laborar en una terminal central operativa de recolección y relleno sanitario.

Personal Para la Terminal Central Operativa de recolección :

- 1 Jefe de Recolección y Transporte
- 1 Secretaria
- 1 Jefe de Unidades que coordina a :
 - 4 Supervisores
 - 1 Encargado de Radio
 - Choferes
 - 1 Despachador de combustible
 - 1 Jefe de Mntenimiento que coordina a :
 - 2 Mecánicos
 - 1 Eléctrico
 - 1 Soldador
 - 1 Vulcanizador
 - 1 Pintor-rotulista
 - 2 Lavadores-engrasadores
 - 4 Ayudantes generales
- Además de :
 - 1 Almacenista de refacciones
 - 2 Veladores

TOTAL 26 Personas

NOTA : El número de choferes, se describe más adelante

Personal Para el Relleno Sanitario

- 1 Jefe de disposición
- 1 Caseta de vigilancia
- 3 Vigilantes
- 1 Ingeniero Civil
- 1 Ayudante de Ingeniero y supervisor
- 2 Báscula
- 3 Operadores de maquinaria
- 3 Ayudantes acomodadores
- 1 Mecánico
- 1 Ayudante de mecánico
- 4 Ayudantes de limpieza
- 1 Almacenista y suministrador de combustible

TOTAL 22 Personas

TABLA INDICATIVA DEL PERSONAL PROPUESTO

DESCRIPCIÓN DEL PERSONAL	ACTUAL	PROPUESTA	DIFERENCIA
• Administrativo	18	21	+ 3
• Choferes	55	* 47	- 8
• Recolectores	193	** 129	- 64
• Barrenderos	110	110	0
• Supervisores Barrido Manual	0	5	+ 5
• Supervisores Barrido Mecánico	0	4	+ 4
• Campaneros	25	*** 12	- 13
• Encierro	6	0	
• Terminal de recolección	No existe	26	+ 20
• Basurero	7	0	
• Relleno Sanitario	No existe	22	+ 15
BALANCE			- 38

NOTA : * = 39 Choferes + 20 % = 47

** = 39 Vehículos (3 recolectores) + 10 % = 129

*** = 10 Campaneros + 20 % = 12

La tabla anterior nos indica que la estructura orgánica propuesta, tiene un ahorro de 38 personas, que transformándolo en costos, compensaría el sueldo que ganaría el personal calificado, que laboraría en la Terminal Central Operativa y Relleno Sanitario Propuestos.

Justificación de las tres oficinas propuestas en el área de Ecología e Investigación :

Educación Ambiental : Sintéticamente tiene el objetivo de enseñar a alumnos, del nivel pre-escolar , de primaria y de secundaria, principalmente; mediante cursos, y campañas, para que aprendan a separar y organizar la basura, y la contaminación que origina, si no se tiene un debido control, etc.

Reciclado : Enfocado principalmente a la población en general y, específicamente, a la capacitación de las amas de casa, explicando la metodología, para impulsar y crear centros de acopio de materiales en las colonias, escuelas, etc. Para obtener beneficios ecológicos, sociales y económicos.

Composteo: Tiene la finalidad de apoyar a la comunidad, mediante la capacitación a brigadas, para obtener efectos multiplicadores sobre la separación y manejo adecuado de los desperdicios domésticos, para la elaboración de composta.

7.2.3 Almacenamiento

Es la acción de retener temporalmente los residuos en un lugar seguro hasta que sean entregados al servicio de recolección, o se procesen para su aprovechamiento.

El almacenamiento de los residuos sólidos municipales puede ser principalmente de dos tipos:

- Almacenamiento domiciliario
- Almacenamiento público

Aunque además existen almacenamiento para residuos industriales y residuos procedentes de instalaciones hospitalarias.¹⁷

7.2.3.1-Almacenamiento Domiciliario

La mejor opción es usar un recipiente de plástico rígido con una bolsa de plástico en su interior (desechada junto con los residuos).

Recomendaciones adicionales y ubicación:

- Capacidad adecuada menor de 120 L.
- Contruido de materiales livianos, durable, impermeable, fácil de manejar y de limpiar
- Debe contar con asas y tapa de cierre hermético, para evitar el acceso de insectos y de mamíferos.
- El lugar de almacenamiento debe localizarse en un área de fácil acceso y limpieza.

- Debe contar con base despegada del suelo(10 cms. mínimo).
- La base del recipiente debe ser cónica.

Fórmula para el cálculo de la capacidad.

$$V = 1000.n.G/p.v.(1/ f).(F)$$

donde:

V = Volumen del recipiente domiciliario (L).

n = Número de habitantes de la casa-habitación.

G = Generación per-cápita de residuos sólidos(Kg/hab.).

p.v. = Peso volumétrico in situ (Kg/ m³).

f = Frecuencia de recolección,es el número de días de servicio de recolección a la semana (d/ 7)

F = Factor de seguridad (> 1.5);depende de la recolección y de la confiabilidad del sistema

F = frecuencia de recolección normal / frecuencia de recolección con falla

7.2.3.2 Almacenamiento Público

Se presenta en unidades habitacionales, mercados, hoteles, hospitales, comercios, etc.

Se recomienda el empleo de contenedores de 2 m³.

Consideraciones para la construcción del recipiente:

- Construido de material resistente.
- Su diseño (fijos y móviles) debe considerarse el sistema mecánico de carga del vehículo recolector.
- El volumen debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$V = G / p.v. (1 / f) (F)$$

donde:

V = Volumen del contenedor (m³).

G = Kilogramos de residuos sólidos producidos diariamente por la fuente de generación.

Consideraciones de operación:

- Los residuos húmedos deben depositarse en bolsas de plástico antes de descargarse al contenedor.
- Los materiales voluminosos como cajas de madera o cartón deben destruirse antes de ser depositados en el contenedor.
- Deberá tener drenaje en el fondo
- Deberá prohibirse el estacionamiento cerca del sitio de carga del contenedor.
- El lugar donde estén estacionados (cuando no exista cuarto de contenedores), deberá estar provisto de una superficie resistente como concreto o asfalto.
- Volúmenes recomendados son 0.5,1.0,1.5 y 2.0 m³.

Propuestas para el Almacenamiento:

Analizando las respuesta de la encuesta en cada estrato con respecto a la frecuencia de recolección, estudios de campo efectuados, propongo lo siguiente :

Relativo al almacenamiento domiciliario se sugieren las siguientes capacidades del recipiente según estrato, de material de plástico, por su practicabilidad y mantenimiento, ubicándolo en un lugar seguro donde no le llueva, ni este expuesto al sol

ESTRATO	No. de hab. Casa-habit.	Generación Kg / hab.-dia	f	Peso Volum.	Frecuencia con falla	Volumen (L)
ALTO	4.7959	0.6278	3 / 7	188.80	1 / 7	55.81
MEDIO	4.7000	0.6177	3 / 7	193.53	1 / 7	52.50
BAJO	5.6078	0.3918	3 / 7	186.62	1 / 7	41.20

NOTA: se utilizó la fórmula correspondiente al almacenamiento domiciliario, expuesta anteriormente.²

Por experiencia del Departamento de limpia y de un recorrido efectuado por la ciudad, se propone lo siguiente:

Faltantes de contenedores fijos: en los mercados :

- Mercado de los ancianos
- Central de abastos

Para ambos se necesitan dos contenedores en cada lugar, de capacidad de 4 m³ .

Así mismo ,se propone que cada hospital, cuente con su contenedor e incinerador y de esta manera no mezclar los residuos sólidos municipales, con los residuos sólidos peligrosos, lo cuál es común .

7.2.4 Operación de Recolección

RECOLECCION.- Es la acción de transferir los residuos sólidos, desde las fuentes generadoras, hasta el vehículo recolector.

La prestación del servicio de recolección es una de las partes más caras de un sistema de manejo de basuras y una de las que presentan mayores oportunidades para la minimización de costos.

El costo por tonelada movida, por este concepto, es aproximadamente del 90 % del costo total del manejo. Uno de los factores que más influyen sobre el sistema es la frecuencia de recolección, la cual deberá evitar que el volumen acumulado de basura en las casas habitación no sea excesivo, y que el tiempo transcurrido desde la generación hasta la disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca, que varía, según el clima, de 7 a 10 días.

Métodos de Recolección:

El servicio de recolección de residuos sólidos se puede prestar por medio de cualquiera de los siguientes métodos o por la combinación de algunos de éstos:

- A) Método de recolección de parada fija o esquina.
- B) Método de recolección de acera.
- C) Método de recolección intradomiciliario.
- D) Método de recolección de contenedores.

Método de recolección de parada fija.- Este es el más usado en nuestro país, ya que se reducen los costos de inversión. Consiste en que el vehículo recolector transite hasta una esquina, donde se anuncia su llegada, para que acudan los usuarios y en forma ordenada entreguen sus residuos a la cuadrilla de recolección, la que los deposita en el vehículo. Una vez terminada la recolección en una parada, el vehículo transita a la siguiente esquina efectuando la misma operación y así sucesivamente hasta terminar la ruta.

Entre las ventajas de este método, cuando es operado correctamente, se pueden mencionar las siguientes:

- Costos más bajos de inversión, con respecto a los otros métodos.
- Mayor cobertura en el servicio.
- No es necesario transitar por todas las calles de la zona de recolección.

Las principales desventajas de este tipo de recolección son provocadas por una mala operación del sistema y pueden ser:

- Molestias a los usuarios por la emisión de polvos al ser vaciados los recipientes al interior del vehículo.
- Se requiere de la participación activa del usuario par evitar la acumulación de exceso de basura en los recipientes, con riesgo de que los residuos sean arrojados clandestinamente a la vía pública o a terrenos baldíos.

Recolección de acera.- Este método consiste en que el camión circula a una velocidad muy baja en ambos sentidos de la calle, mientras los usuarios depositan sus recipientes sobre la banqueta, los operarios los recogen, los vacian y los regresan al mismo sitio, para que los usuarios los regresen vacíos a sus casas. Este método requiere de un civismo alto entre la gente y presenta el inconveniente de que los animales callejeros que se ven atraídos por los recipientes en las calles, y los esparcen sobre las banquetas.

Recolección intradomiciliaria.- Es parecida al método anterior, con la variante de que el operario entra hasta los predios por la basura, y después regresa el recipiente al mismo sitio.

Recolección con contenedores.-Es el mejor método de recolección, para centros de gran generación, como podrían ser los hoteles, los mercados, los centros comerciales, los hospitales, las industrias, etc. La localización de los contenedores deberá ser de tal forma que el vehículo recolector

tenga un fácil acceso y pueda realizar las maniobras sin problemas.

Combinación de métodos.-Según las necesidades y los recursos de una población determinada, se debe estudiar la posibilidad de combinar dos o más de los métodos de recolección mencionados.¹⁴

FRECUENCIA DE RECOLECCION.-Se define como la periodicidad con la que se presta el servicio, es decir el número de veces al día, semana o mes en que el vehículo recolector sirve a un sector. Generalmente se da un número de veces por semana. Su valor depende fundamentalmente del tiempo en que los residuos sólidos inician su descomposición, de las condiciones climáticas, de la disponibilidad de equipo y de las cantidades de residuos sólidos generados por la población.

Los residuos sólidos deben recolectarse, transportarse y disponerse antes de causen proliferación de moscas, por lo que la frecuencia de recolección no debe ser menor de dos veces a la semana debido al alto contenido de materia orgánica de los mismos.

HORARIO DE RECOLECCION.- Entre las consideraciones previas que han de tomarse al establecer el horario para efectuar la recolección de los residuos sólidos, son:

las características propias de la localidad y los horarios más convenientes.

- Horario nocturno.-En sectores de tránsito de vehículo muy intenso.
- Horario a primeras horas de la mañana.-Se utiliza generalmente en las poblaciones de clima cálido, en las cuales las actividades se inician a muy temprana hora.
- Horario Diurno.-Es el más utilizado por las características de ciudades, como Tuxtla Gutiérrez.

Propuestas Para la Recolección:

La propuesta de esta tesis es la de cambiar el actual método de esquina por el método de acera, para reducir los costos de operación, y aumentar la rapidez en el servicio, que se dará con una frecuencia de tres veces por semana, en toda la ciudad; además de capacitar y adiestrar a los recolectores para el debido manejo de la carga y descarga de los recipientes, así como exigir la portación de un uniforme. El horario propuesto será el diurno, de 6:00 a 14:00 horas. Se aconseja mantener el método de esquina en 9 rutas, cubiertas por vehículos de carga lateral en las colonias de difícil acceso, también con la misma frecuencia y horario.

7.2.4.1 Generación de los Residuos Sólidos Municipales

Para conocer la generación de los residuos sólidos municipales no domésticos en:

- Mercados y plazas
- Hoteles y moteles
- Hospitales
- Restaurantes
- Comercios
- Escuelas
- Oficinas públicas y privadas
- Demoliciones
- Vías públicas
- Industrias

El H. Ayuntamiento proporcionó datos sobre la cantidad generada en mercados, así como en vías públicas ; además, la Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca del Gobierno del Estado de Chiapas, realizó algunos muestreos, principalmente en hoteles, comercios y restaurantes, comparó los valores encontrados con los datos reportados por el Banco Mundial sobre índices de generación en comercios e instituciones para países del tercer mundo, los cuales caen dentro del rango reportado y son como sigue:

Tipo de Residuo Sólido	Generación per-cápita Kg/h.d			Cantidad
	Dato Muestreado	Dato Proporcionado	Dato Bibliográfico	
- Doméstico	0.4823			
No Doméstico				
- Mercado		0.09689		10
- Vías Públicas		0.02583	0.05 - 0.2	
* Comercios :	0.1250		0.1 - 0.2	7600
- Tiendas				
- Oficinas				
- Estaciones de servicio				
- Restaurantes				79
- Hoteles				65
- Bodegas				
* Instituciones :	0.096		0.05 - 0.2	
- Escuelas				210
- Oficinas de Gobierno				54
- Hospitales				64
- Estación de policia				
- Iglesias				
* Micro, pequeñas indus - trias y demoliciones	0.0725			877
TOTAL		0.8985		

Para determinar la cantidad de residuos sólidos municipales domésticos representativos de toda la ciudad (Media ponderada, ya que el análisis de varianza efectuado, indicó que no se pueden promediar las generaciones de los diferentes estratos), se calculó la cantidad en por ciento de cada estrato socioeconómico (tomando como referencia la información de SINCE ,sistema para la consulta de información censal, resultados definitivos, del noveno censo de población y vivienda 1990,de INEGI)³⁰. Y ésta a su vez multiplicada por la generación de cada estrato socioeconómico

(estudios de campo realizados), efectuando una sumatoria de estratos y dividiendo entre 100 %, como fracción, siguiendo la fórmula:

$$X_{ponderada} = \sum_{n=1}^3 G (\% Pi) / 1.0, \text{ donde:}$$

G = Generación de cada estrato

(% Pi) = Porcentaje de la población en el estrato.

Para el caso de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la población queda repartida de la siguiente manera, según la fuente mencionada anteriormente:

% de Población, Estrato Bajo = 60.17 %

% de Población, Estrato Medio = 34.36 %

% de Población, Estrato Alto = 5.47 %

$$X_{ponderada} = 0.3918 (0.6017) + 0.6177 (0.3436) + 0.6278 (0.0547) / 1.0$$

$$X_{ponderada} = 0.4823$$

Por lo que la generación representativa de los tres estratos socioeconómicos para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas., es **0.4823 Kgs./ hab.-día.**

7.2.4.1.1 Población de Diseño en 1995

Fue seleccionada tomando como dato la referencia del número de medidores de energía eléctrica de casas-habitación, hasta el mes de diciembre de 1995, proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad, ya que a mi criterio es el valor que más se apega a la realidad, ya que el por ciento de electrificación en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es de un 98 % , y si lo multiplicamos por el promedio de habitantes por

vivienda (5.0342), calculado durante el muestreo de campo, obtenemos la población estimada.

A continuación se describen las cantidades base, según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

DATOS DE POBLACIÓN

AÑO POBLACIÓN

1950 31,137

1960 44,979

1970 70,999

1980 166,476

1990 295,608

PROYECCIONES DE POBLACIÓN, UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS:

Año	M E T O D O S				CRITERIOS	
	Geométrico	Gráfico	Logístico	Tasa de crecimiento 6 % anual	Medidores de agua potable	Medidores de energía eléctrica
					65,149	92,254
1995	393,911	360,000	364,029	395,590	327,973	464,425

Por lo que la población de diseño estimada para 1995, es de 464,425 habitantes.

Si multiplicamos esta población, por la generación per-cápita, se generan :

$G = 464,425 \text{ habitantes (} 0.8985 \text{ Kg / hab.-día)}$

$G = 417,320.55 \text{ Kg / día.}$

7.2.4.2 Número de Unidades Para Efectuar la Recolección

Para efectuar el cálculo del número de unidades, para la recolección de los residuos sólidos municipales domésticos y no domésticos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$N = G \cdot (P) / n \cdot (Cv) \cdot 7 / dh \cdot Fr \cdot c$$

donde:

N = Número de vehículos necesarios

G = Generación de basura en kg/hab.-día.

P = Población de diseño

n = Número de viajes por unidad, por jornada de trabajo

Cv = Capacidad útil en kgs./ vehículo

7 / dh = Relación que toma en cuenta la basura generada entre los días que se trabaja

Fr = Factor de reserva, entre 1.07-1.2 según estado, edad promedio y mantenimiento de la flotilla.

C = Factor de cobertura (c = 1 , en zonas céntricas, disminuyendo en periferías).

Considerando para el cálculo del número de unidades, los siguientes valores :

$$G = 0.8985 \text{ hab.-día.}$$

7/dh = 7/6 , es decir 6 días de cobertura a la semana.

$$n = 2$$

$$Fr = 10 \%, \text{ es decir } 1.1$$

$$c = 1$$

$$Cv = Vc \cdot (p.v.)$$

donde:

Cv = Capacidad útil del vehículo.

Vc = Volumen de la caja en m³.

(p.v.) = Peso volumétrico en el vehículo en kg / m³.

$$V_c = 20 \text{ yd}^3 = 15.29 \text{ m}^3..$$

$$C_v = 15.29 \text{ m}^3 (450 \text{ kg} / \text{m}^3) = 6,885 \text{ kg}.$$

$$C_v = 6,885 \text{ Kg}.$$

$$P = 464,425 \text{ habitantes}$$

Y aplicando la fórmula anterior, tenemos:

$$N = 0.8985 (464,425) / 2 (6,885) . 7 / 6 (1.1) (1)$$

$$N = 38.89$$

Por lo que se considerarán 39 unidades compactadoras de una capacidad de 20 Yd³.

Propuestas en la Selección del Equipo de Recolección, para mejorar el servicio.

La selección del tipo de vehículo para efectuar la recolección está en función directa del tamaño de la población a servir, del método de recolección y de las posibilidades económicas para su adquisición y operación.

Se recomienda usar los vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistas de compactadores, para abatir los costos de operación. Los equipos más utilizados son los siguientes:

- Vehículo compactador de carga trasera

Dentro de sus principales ventajas, está la facilidad de descarga de los residuos por los usuarios y pueden ser utilizados en todos los métodos de recolección.

- Vehículo compactador de carga lateral

Su principal desventaja es que la altura de carga y su diseño provoca que un hombre viaje dentro de la caja para recibir los residuos sólidos y por lo tanto la compactación no se efectúa con la regularidad debida

- Vehículo de volteo, sin compactación

Son vehículos destinados originalmente a otras actividades ; pero adaptadas a la recolección de basura. Las principales ventajas de adaptar un vehículo de volteo al manejo de basuras son : su bajo costo, la rapidez de descarga y que es muy versátil,

pudiéndose utilizar en otras actividades, como el acarreo de material.

Sus desventajas más importantes son : la altura de carga, que el acomodo de la basura es manual y por lo tanto se requiere un hombre adicional en la cuadrilla y que, por estar descubiertas las cajas ,al circular se provoca que las basuras se caigan del vehículo.¹⁴

SELECCION DEL EQUIPO (Flotilla)

El poco o nulo mantenimiento preventivo y correctivo de la flotilla de camiones recolectores no es la única causa, en un gran número de casos, del estado deplorable que guardan algunos vehículos en muchas localidades ; una selección de carrocería de recolección inadecuada para ciertos chassises, o viceversa, es otra de las causas más importantes. La selección adecuada de un vehículo de recolección depende de la aplicación de algunos principios de la física y la ingeniería y no de las características que el fabricante quiera hacer resaltar.

Por las consideraciones expresadas anteriormente y tomando en cuenta la situación actual del municipio, propongo la estandarización de unidades del tipo:

Vehículo compactador de carga trasera, con un volumen de caja igual a 20 yd³ y vehículo compactador de carga lateral de la misma capacidad, los cuáles nos proporciona una compactación del orden de los 450 kg / m³.

Y tomando en cuenta la flota actual, 10 unidades compactadoras de carga lateral de 20 Yd³ existentes, para prestar el servicio a colonias cuyas calles no están pavimentadas y adquirir solamente 29 unidades compactadoras de carga trasera, para prestar el servicio al resto de la ciudad.

Colonias cuyas calles no están pavimentadas, que no tienen servicio de recolección actual, y podrían recibir servicio con camiones de carga lateral :

- Col. el Carrizal
- Lomas del oriente
- Ejido Nuevo Madero
- Col. Azteca
- San Pedro progresivo
- Lic. Carlos Salinas de Gortari
- Col. Tuxtla chico
- Misolha
- Caleras Maciel
- Tuchtlán

7.2.4.3 Macro-ruteo

Se denomina macro-ruteo a la división de la ciudad en sectores operativos , a la determinación del número de camiones necesarios en cada uno y a la asignación de un área del sector a cada vehículo.

Básicamente, el macro-ruteo se define en dos etapas :

a) Proyecto de gabinete y b) Ajuste de campo.

En el primero se hace el cálculo teórico de las necesidades y áreas asignadas a cada camión y en el segundo se afinan los contornos de las mismas para balancearlas y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas.

DISEÑO DE MICRO-RUTAS:

Una fase importantísima de cualquier sistema de recolección de residuos sólidos, es la que comúnmente se conoce como el “ micro-ruteo” , el cual no es otra cosa que el recorrido específico que deben cumplir los vehículos recolectores, según su frecuencia, en los sectores de la localidad donde han sido asignados; con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector.

El diseño de micro-rutas, debe hacerse con base en una serie de factores variables, de acuerdo con la localidad en cuestión. Veamos algunos de ellos :

- Taza urbana de localidad
- Topografía de la localidad
- Ancho y tipo de calles
- Método de recolección
- Equipo de recolección
- Densidad de población
- Generación de residuos sólidos.

Ahora bien cabe aclarar que un mal diseño de la micro-ruta de recolección, trae aparejados graves daños al sistema de recolección, entre los cuáles se pueden citar los siguientes:

- Desperdicio del equipo y del personal de la recolección de los residuos sólidos
- Reducción en la cobertura del servicio de recolección
- Incremento de los costos del servicio de limpia
- Proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto en diferentes puntos de la localidad.

Por todo lo anterior, se deberá poner especial interés en diseñar adecuadamente las micro-rutas de recolección de la basura, para cualquier localidad ; si se pretende operar un servicio de recolección eficientemente.

Métodos Para el Diseño de las Micro-rutas

En forma general , se puede decir que existen tres métodos para el diseño de las micro-rutas de recolección de residuos sólidos :

- Uno basado en el juicio y la experiencia del proyectista.
- Otro por métodos heurísticos.
- Otro, según modelos determinísticos.

Actualmente en el medio mexicano, el método más empleado para el diseño de las micro-rutas, es el basado en el juicio y la experiencia del proyectista ; aunque en la

mayoría de los casos, quien determina la ruta de recolección, es el jefe de limpia, o bien, los choferes de los vehículos recolectores, quienes hacen las veces de “proyectistas”.

Obviamente, el criterio y la experiencia, tanto de los choferes como del jefe de limpia, no es el mejor; por lo que las rutas de recolección diseñadas por tales proyectistas dejan mucho que desear, en el aspecto técnico. Aunado a lo anterior, está el hecho de que, generalmente, las rutas que establecen los choferes de los vehículos recolectores atienden a toda aquellas casas-habitación, comercios y cualquier tipo de fuentes generadoras que proporcionen un pago extra por el servicio de recolección (propina). Ahora bien, aunque el proyectista fuera en realidad una persona con criterio y experiencia en el área en cuestión, es muy difícil que pueda evaluar correctamente todas las variables que entran en el diseño de las rutas de recolección.

Por todo lo anterior, es obvio que el método de diseño antes descrito, es el más ineficiente y, por lo tanto, el menos recomendable de cuantos existen actualmente.

En cuanto a los métodos heurísticos, se puede decir que son aproximados y que se basan generalmente en el sentido común del proyectista y en ciertas reglas de “dedo”.

Aparentemente, requiere de un mínimo de tiempo, recursos económicos y materiales; además de que varios autores consideran que son adaptables a un amplio rango de problemas.¹⁴

Las principales reglas de dedo, empleadas para el diseño de las rutas de recolección por métodos heurísticos son las siguientes:

- Respetar el sentido de circulación de la calle.
- Minimizar las vueltas a la izquierda.
- Iniciar la ruta lo más cercano al lugar de encierro.
- Eliminar las vueltas en “U”.
- Evitar la recolección en calles de tránsito “parado” durante las horas pico.

Aunque es cierto que los métodos heurísticos para el diseño de las microrrutras de recolección de basura, son más eficientes y dan mejores resultados que los de diseño basado en la experiencia del proyectista; tampoco son lo más recomendables, ya que es muy difícil que se obtengan rutas óptimas con tales métodos.

Por último, los métodos determinísticos son los más recomendables, ya que en ellos, se pueden involucrar todos los parámetros que con cierto peso inciden en el diseño de las rutas de recolección de basura. Además, con este tipo de métodos sí se obtienen rutas óptimas de recolección de basura, es decir, rutas en las que a un costo y tiempo mínimos, se recolecta la máxima cantidad de residuos sólidos.

Los dos métodos determinísticos más importantes para el diseño de las micro-rutas son:

- El algoritmo de Little, para resolver el problema del agente viajero.
- El algoritmo del cartero Chino.

El primero es aplicable cuando la demanda es discreta, es decir, cuando el método de recolección es el de parada fija o esquina.

El algoritmo del cartero chino resuelve el diseño de micro-rutas cuando la demanda es continua o semi-continua, esto es, cuando se trate de un método de recolección de acera o intradomiciliario; además, se puede aplicar para el diseño de rutas de barrido manual o mecánico.

La aplicación manual de los métodos determinísticos es muy laboriosa, lenta y costosa por lo que lo más viable es usar programas de computadora para resolverlos.¹⁴

Propuestas Para el Ruteo.

Tomando en cuenta el número de camiones necesarios para efectuar la recolección, con una cobertura del 100 %. Esta tesis propone dividir la ciudad en 4 sectores operativos (ver FÍGURA 15). Con esta sectorización, cada vehículo cubre una ruta, totalizando 36 rutas, equivalentes a 36 zonas, cubriendo toda la ciudad, con una frecuencia de 3 veces por semana, excepto el día domingo y distribuyendo el número de camiones, en cada sector como sigue:

Sector	Población Servida	Promedio de Número de Habitantes / Vivienda	Viviendas Servidas	Vehículos Asignados
I	103,243	5.0345	20,507	8
II	128,970	5.0345	25,617	10
III	116,106	5.0345	23,062	9
IV	116,106	5.0345	23,062	9
TOTAL	464,425	5.0345	92,248	36

Esta sectorización se basó principalmente, en la densidad de población a servir, guardando 3 camiones en reserva, previendo cualquier desperfecto en alguna ruta, de modo que no se interrumpa el servicio ordinario. El equipo de reserva consiste en 2 vehículos de carga trasera de 20 Yd³ y uno de carga lateral de la misma capacidad. En esta propuesta se consideran 29 unidades nuevas de carga trasera, de capacidad de 20 Yd³, ya que actualmente el municipio no cuenta con este tipo de unidades.

ZONIFICACIONES DE TODOS LOS SECTORES, EN FORMA GENERAL

Sector	Zonas o Rutas	RUTAS		VEHICULO		Frecuencia de Reco - lección	Método Propuesto
		Método de Rec.		Carga Trasera	Carga Lateral		
		Acera	Esquina				
I	8	7	1	7	1	3 / 7	A
II	10	7	3	7	3	3 / 7	A y B
III	9	6	3	6	3	3 / 7	A
IV	9	7	2	7	2	3 / 7	A y B
Total	36	27	9	27	9		

ZONIFICACIONES DE CADA SECTOR

SECTOR I

Sector	No. de Zonas	Rutas	Método Rec.		Tipo de Vehic.		Frec. de Rec.	Método Propuesto	
			Acera	Esquina	C. Tra-sera	C. La-teral			
I	8	R1	x		x		3/7	A	
		R2	x		x		3/7	A	
		R3	x		x		3/7	A	
		R4	x		x		3/7	A	
		R5	x		x		3/7	A	
		R6	x		x		3/7	A	
		R7		x		x		3/7	A
		R8	x			x		3/7	A
Total	8	8	7	1	7	1			

SECTOR II

Sector	No. de Zonas	Rutas	Método de Rec.		Tipo de Vehic.		Frec. de Rec.	Método Propuesto	
			Acera	Esquina	C. Tra-sera	C. La-teral			
II	10	R9	x		x		3/7	B	
		R10	x		x		3/7	A	
		R11	x		x		3/7	A	
		R12	x		x		3/7	A	
		R13		x		x		3/7	A
		R14	x			x		3/7	A
		R15	x			x		3/7	A
		R16	x			x		3/7	B
		R17			x		x	3/7	A
		R18			x		x	3/7	A
Total	10	10	7	3	7	3			

SECTOR III

Sector	No. de Zonas	Rutas	Método Rec.		Tipo de Vehic.		Frec. de Rec.	Método Propuesto	
			Acera	Esquina	C. Trasera	C. Lateral			
III	9	R19	x		x		3/7	A	
		R20	x		x		3/7	A	
		R21	x		x		3/7	A	
		R22	x		x		3/7	A	
		R23	x		x		3/7	A	
		R24	x		x		3/7	A	
		R25		x			x	3/7	A
		R26		x			x	3/7	A
		R27		x			x	3/7	A
Total	9	9	6	3	6	3			

SECTOR IV

Sector	No. de Zonas	Rutas	Método Rec.		Tipo de Vehic.		Frec. de Rec.	Método Propuesto	
			Acera	Esquina	C. Trasera	C. Lateral			
IV	9	R28	x		x		3/7	B	
		R29	x		x		3/7	B	
		R30	x		x		3/7	A	
		R31	x		x		3/7	A	
		R32		x			x	3/7	A
		R33		x			x	3/7	A
		R34	x			x		3/7	A
		R35	x			x		3/7	A
		R36	x			x		3/7	B
Total	9	9	7	2	7	2			

Los criterios utilizados para la zonificación de cada sector, fueron :

- Utilización de un plano actualizado de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chis., para delimitar los sectores y posteriormente zonas.
- Zonas habitación por servir.

- Localización de puntos de gran generación; como mercados, comercios, instituciones, etc.
- Tomar en cuenta la cantidad generada en los puntos anteriores.
- Método de recolección a utilizar.
- Frecuencia de recolección.

EXPLICACION DE CADA MÉTODO PROPUESTO PARA LA RECOLECCIÓN :

MÉTODO “ A “

Se propone que cada zona se divida en dos ; Lado Norte y Lado Sur.

En el lado norte, la recolección se realizará los días Lunes, Miércoles y Viernes.

En el lado sur, la recolección se realizará los días Martes, Jueves y Sábado.

Cada vehículo tendrá un número de identificación, el cuál coincidirá con el número de la ruta cubierta. Por ejemplo : El vehículo No. 1, cubrirá la ruta 1, en la zona 1, en el lado norte y en lado sur de la misma zona , según sea el día de la semana.. Si al término del día, algún vehículo no alcanza a realizar su recorrido total, al otro día, empezará el recorrido donde se quedó el día anterior y posteriormente continuará en el otro lado de la zona, según sea el caso, por ejemplo : Si un vehículo realiza la recolección el día lunes en el lado norte y no concluye ese mismo día, por alguna causa laboral, mecánica, accidente, etc. al otro día, martes, el mismo camión de la ruta y zona o un vehículo emergente, iniciará la recolección donde se quedó el día lunes, continuando después ese mismo día martes en el lado sur de la misma zona.

A los tres vehículos emergentes o de reserva, se les asignarán las claves A, B, y

C. al vehículo de reserva de carga lateral le corresponderá la letra “ C “.

MÉTODO “ B “

Se propone que este método de recolección , realice el recorrido, únicamente en algunas zonas de los sectores II y IV, las cuales ocupan el primer cuadro, ya que en esta área de la ciudad, las calles, están bien trazadas y permiten realizar el siguiente recorrido :

Iniciar por las calles horizontales en la orientación norte de la ciudad, es decir en la zona correspondiente, con un recorrido en el sentido Poniente a Oriente y llegando al límite de la zona, regresar, con un recorrido de Oriente a Poniente, durante los días Lunes, Miércoles y Viernes. Y los días Martes, Jueves y Sábado, iniciar el recorrido de la ruta en la zona correspondiente en el sentido de Norte a Sur y al llegar al límite de la zona, regresar con el recorrido en el sentido de Sur a Norte.

Si existiera algún desperfecto en la ruta, se siguen las mismas especificaciones, explicadas en el método "A".

Estas propuestas se complementan con los ajustes de campo que se realicen en la práctica.

RESUMEN DE LOS MÉTODOS PROPUESTOS EN CADA ZONA

SECTOR	ZONAS	METODO DE RECOLECCIÓN		A		B	
		A	B	Lado Norte	Lado Sur	W a E y	N a S y
				L, Mi, V	M, J, S	E A W	S a N
I	8	8	0	x	x		
II	10	8	2	x	x	x	x
III	9	9	0	x	x		
IV	9	6	3	x	x	x	x
TOTAL	36	31	5				

$$u = 2 (6,885) (3 / 7) / 5.0345 (0.8985) = 1,304.61$$

$$U = 2 (1,304.61) = 2,609.23 \cong 2,609 \text{ viviendas / semana}$$

El valor de 5.0345 ,corresponde al promedio del número de habitantes por vivienda de los tres estratos socioeconómicos estudiados.

TAMAÑO DE LA CUADRILLA

Este es un parámetro esencial para optimizar el uso del vehículo recolector de acuerdo con el tamaño de la caja y se estima con la siguiente fórmula :

$$NR = n. (Cv) / r. (h)$$

donde:

NR = Número de recolectores.

r = Rendimiento en kgs / hombre-hr.

h = Duración de la jornada normal de trabajo.

Para el caso de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y tomando en cuenta la capacidad útil del vehículo seleccionado ,se considerará un rendimiento de 750 kgs/hombre-hr. y una jornada de trabajo de 8 horas.

$$NR = 2 (6,885) / 750 (8) = 2.295 \cong 3 \text{ hombres.}$$

7.2.5 Barrido de Calles

El barrido puede efectuarse, de dos maneras:

- Barrido Mecánico
- Barrido Manual

El barrido se lleva a cabo para levantar de la vía pública los residuos procedentes de fuentes naturales y producidos por la actividad del hombre.

Residuos producidos por fuentes naturales:

- Polvo natural que acarrea el viento (calles sin pavimentar y cerros cercanos).
- Desechos vegetales(flores, ramas, hojas), originados por los árboles de la ciudad.
- Tierra arrastrada por la lluvia, de las partes altas.

Residuos producidos por la actividad del hombre:

- Residuos peatonales(envolturas, colillas de cigarro, etc.).
- Residuos domésticos que por alguna causa son depositados en la calle.
- Desechos arrojados por los vehículos, tales como derrames accidentales de carga transportada y polvo o lodo adherido a las llantas.

7.2.5.1 Barrido manual

Este se recomienda en países en desarrollo, por el beneficio social que representa, ya que la mano de obra es abundante y limitada la existencia de capital .

VENTAJAS:

- Posibilidad de barrer en cualquier tipo de pavimento.
- Posibilidad de barrer islas de seguridad sin dificultad (glorietas y , eventualmente, banquetas).
- Pequeña inversión inicial (uniformes, carritos, batas, escobas).
- Bajo costo de mantenimiento mecánico.
- Mínimo entrenamiento específico.

DESVENTAJAS:

- Monto operacional mayor(40 % mas caro que el barrido mecánico).
- Encarecimiento de la mano de obra.
- Frecuentes accidentes de trabajo
- Alto índice de faltas y licencias.
- Necesidad de contar con personal de reemplazo
- No se realiza un trabajo eficiente,si no se tiene una supervisión constante.

FRECUENCIA:

Será variable y de acuerdo al sector de la ciudad por servir

S E C T O R	F R E C U E N C I A
- Calles del primer cuadro de la ciudad - Mercados - Plazas públicas, parques y jardines, sitios turísticos de interés	Hasta 3 veces / día
- Calles del segundo cuadro periférico	2 veces / semana

HORARIO:

Se prefiere el horario diurno con un inicio de jornada lo más temprano posible, ya que es difícil efectuar la supervisión en el horario nocturno.

Un supervisor atiende a 20 barrenderos.

RENDIMIENTOS:

De 2 a 3 kilómetros de jornada de trabajo de 8hrs, en un solo sentido (acera).

Depende de la topografía, del estado del pavimento, de la intensidad de tráfico, del estado de los implementos de trabajo, etc.

TRAZO DE RUTAS:

Deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se establecen los puntos de inicio y término de la ruta.
- El trazo debe tratar de minimizar el recorrido no productivo, para lo cual se recomienda:
 - No debe pasarse más de una vez por la misma cuneta (a menos que la frecuencia así lo establezca).
 - Procurar, en lo posible, que el punto de terminación de la ruta se encuentre lo más próximo al inicio.
 - Evitar al máximo el cruce de calles.

Propuestas Para el Barrido Manual.

Se propone una cuidadosa planeación y programación y efectuar ajustes de campo, tanto en las rutas de barrido, como en los sitios de interés, ya que según el grado de suciedad que se va presentando, en distintos puntos de la ciudad, se envían unidades a efectuar el servicio de limpia, sin tener un control en las actividades de barrido. Esta anomalía se debe a que las autoridades de primer mando no planean sus actividades, pues el primer cuadro abarca 145 kilómetros de acera, y tomando el rendimiento calculado de 1.9 Km./ 8 hrs. por persona, se necesitan 76 barrenderos y 24 barrenderos para parques, plazas y sitios de interés. Idealmente se propone aumentar el rendimiento a 2.5 Kms. / 8 hrs. Persona, necesitando solamente 58 barrenderos para calles, y el resto para dar atención a los parques, jardines, etc. Pero tomando en cuenta el factor social, y las condiciones que guardan los trabajadores, trabajando con el mismo rendimiento, hay que reducir 10 barrenderos actuales en las calles y aumentarlos en el barrido de sitios de interés, continuando con el barrido manual diario en el primer cuadro, en un horario “matutino” de 8 a 16 hrs, además de obligar a los empleados a portar uniforme.

7.2.5.2. Barrido mecánico.

Es un 40 % más económico que el barrido manual (considerando la longitud de la cuneta barrida) y es un 70 % más económico (considerando la superficie barrida).

VENTAJAS:

- Es menor el monto operacional y de administración .
- Puede emplearse en caminos abiertos y en vías rápidas, donde el barrido manual es peligroso.

DESVENTAJAS:

- Implica una alta inversión inicial.
- Reporta la imposibilidad de trabajar con el vehículo estacionado.
- Existe cierta dificultad de conseguir refacciones.
- Se entorpece aún más la circulación, cuando el tráfico es intenso.

HORARIO:

- Se prefiere el horario nocturno, por el inconveniente del entorpecimiento del tráfico que este barrido ocasiona.

RENDIMIENTO:

- Tiene rendimientos aproximados de 40 km / día de trabajo y 1000 L de agua de capacidad.

TRAZO DE RUTAS:

Se siguen las mismas recomendaciones que para el barrido manual, además de considerar los siguientes aspectos :

- La vialidad.
- Los puntos de abastecimiento de agua en la ruta.
- La velocidad media de la barredora (6-8 km /hr).
- El tiempo efectivo de trabajo (80 %).
- El consumo de agua.¹⁴

Propuestas Para el Barrido Mecánico.

Utilizar las barredoras existentes por las noches, cubriendo las 2 rutas propuestas por cada sector (8 rutas en total), con una frecuencia de una vez por semana, por cada ruta, por cada barredora, en el horario de 22.00 a 6.00 hrs., aumentando el rendimiento a 40 Kms. / 8 hrs. ; desarrollando una velocidad promedio de 5 Kms. / hr., por cada barredora de 3 ruedas existentes ; elaborando previamente un programa de mantenimiento y verificación de las condiciones que guarda el equipo, así como los costos de operación.

Una Barredora mecánica, cubrirá el sector I y II (4 rutas), cada ruta /semana.

La otra barredora cubrirá el sector III y IV (4 RUTAS), cada ruta / semana.

7.2.6 Aprovechamiento de los Residuos

En base al muestreo realizado, en lo concerniente a los residuos sólidos municipales domésticos, se obtuvieron en promedio, de los tres estratos, los siguientes valores:

- 57 % de Materia orgánica
- 20 % de Material tóxico y otros
- 23 % de Material reciclable, del cuál:
 - 8 % corresponde a papel y cartón
 - 6.66 % corresponde a vidrio
 - 2.66 % corresponde a metales
 - 5.66 % corresponde a plásticos

De acuerdo con las cifras anteriores, existe un potencial de subproductos aprovechables ;

por lo que se propone la instalación de cuando menos 2 centros de acopio de materiales reciclables, por cada sector operativo propuesto, impulsados por el Gobierno del Estado de Chiapas, particularmente por la Secretaría de Ecología Recursos Naturales y Pesca en coordinación con el área de Ecología e Investigación propuesta del H. Ayuntamiento, DIF, grupos ecologistas, etc.

Impulsar, capacitar e invitar a la ciudadanía en general a participar en programas de reciclamiento, mediante el acopio de los subproductos, así como en la elaboración de

composta en forma particular y de esta manera aprovechar los subproductos, desperdicios alimenticios, con la debida difusión en programas de radio, televisión, prensa, etc.

También se propone organizar a los 185 pepenadores que existen actualmente en el basurero, mediante una cooperativa que funcione como centro de acopio, impulsando de esta manera el reciclamiento de materiales, mejorando sus ingresos y, sobre todo, las condiciones de vida de los pepenadores.

7.2.7 Disposición Final

Se propone la instalación de un relleno sanitario, de acuerdo a la normatividad vigente NOM-083-ECOL-1995 . La vida útil de este relleno sanitario será de 15 años. En el cálculo de dimensionamiento, no se considera el reciclaje ; si en un momento dado se da éste, se aumentaría la vida útil del sitio, ya que se dispondría diariamente una cantidad menor que los 417,320.55 Kgs. generados.

En el capítulo 9, se dan los detalles más precisos sobre el relleno sanitario propuesto.

7.2.8 Infraestructura del Servicio de Limpia

Para lograr una funcionalidad óptima del sistema de limpia, es necesario contar con un espacio físico y unas instalaciones propias ; como es el de la Central de barrido manual y mecánico, la Terminal de servicios de recolección, así como para el Relleno sanitario.

CENTRAL DE BARRIDO MANUAL Y MECANICO

Esta central debe contar mínimamente con las siguientes áreas :

- Oficinas administrativas
- Caseta de vigilancia
- Radio comunicación y telefonía .
- Almacén general
- Estacionamiento
- Taller de mantenimiento
- Comedor para empleados
- Baños y vestidores para empleados
- Centro de primeros auxilios

TERMINAL DE SERVICIOS DE RECOLECCION

A continuación, mediante la FIGURA 14 , se hace la propuesta de esta terminal, con todas sus áreas respectivas ,en una superficie aproximada de 2 hectáreas para un funcionamiento satisfactorio, ubicándola al lado sureste de la ciudad.

Con respecto a las áreas necesarias del relleno sanitario, éstas se describen en la FIGURA 31 , del capítulo 9 .

CAPITULO 8

PROPUESTA DE LOCALIZACION Y DISEÑO DE LA DISPOSICION FINAL MEDIANTE RELLENO SANITARIO

CAPITULO 8

PROPUESTA DE LOCALIZACION Y DISEÑO DE LA DISPOSICION FINAL MEDIANTE RELLENO SANITARIO

8.1 Procesamientos Aplicables a la Basura

Disposición.- Es la última etapa operacional del servicio de limpieza en la cual se destinan o se disponen los residuos recolectados.

Procesamiento.- Es cualquier manipulación de residuos , previa a la disposición, que procura obtener resultados económicos o sanitarios.

Tratamiento.- Es un procesamiento que procura obtener resultados sanitarios reduciendo o eliminando efectos nocivos al hombre o al ambiente.

Estos tres conceptos coexisten, caracterizándose por el objetivo dominante en cada caso. Ejemplo: La incineración de residuos patógenos es un tratamiento, aunque también se le considera como una forma de disposición, en este caso parcial, pues deja una pequeña cantidad de residuo a ser recolectado para una disposición final.

La disposición de basura puede ser precedida de un procesamiento procurando un resultado más favorable. Ejemplo: Trituración, previa a la disposición en un relleno sanitario, tratando de alcanzar una rápida estabilización.

Aceptaremos como disposición final la que se hace en el suelo.¹⁴

8.1.1 Procesamientos Mecánicos

Trituración.- Divide, mezcla y homogeniza la basura, favoreciendo :

- La descomposición bioquímica.
- El condensamiento y la estabilidad mecánica de los rellenos.
- La uniformidad y el control de la acción térmica.

Consecuentemente, puede ser un proceso auxiliar para compostificación, relleno sanitario, pirólisis o incineración.

Compactación.- Disminuye los espacios vacíos, condensando la basura a bajo costo, por lo que constituye un proceso auxiliar en el relleno sanitario, además de tener alta importancia económica en la recolección de basura.

Clasificación.- Consiste en la separación de los materiales constituyentes de la basura, por interés económico en ellos o para la mayor productividad de un procesamiento biológico o térmico subsecuente. Ejemplo: Se separan los materiales ligeros (plásticos, papeles) para ser incinerados o para que no se perturbe el proceso biológico de compostificación.

8.1.2 Procesamientos Térmicos

Incineración .- Reduce la basura urbana a cerca del 10 % de su masa inicial, por lo que también suele ser considerada como una forma de disposición, tal reducción es obtenida en incineradores de gran tamaño (más de 500 ton./día) operando a temperaturas del orden de los 1,000 ° C., provistos de parrillas móviles, inyectores de aire , controladores de quema y partes complementarias, tales como una caldera acuotubular, un filtro de alto rendimiento y una chimenea.

Pirólisis.- La descomposición térmica en un ambiente carente de oxígeno libre, a temperaturas inferiores a las de incineración, produciendo líquidos o gases de alto contenido energético, sin contaminación atmosférica apreciable. La cantidad de

residuos es mayor que la incineración, dependiendo del proceso. La tecnología aplicable a la pirólisis de basura urbana está aún en fases de desarrollo.

8.1.3 Procesamientos Biológicos

Aeróbico.- Es el más higiénico y productivo para la compostificación y para la estabilización del relleno sanitario, puesto que sus productos principales son: agua, dióxido de carbono y calor; éste es suficiente para elevar la temperatura de la masa a un nivel fatal para los microorganismos patógenos, los huevos y los gérmenes.

Anaeróbico.- Este es más lento, disipa poco calor y descompone la materia en compuestos orgánicos más simples, además de minerales. Teniendo enorme importancia la producción de metano (CH_4), ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular en la fase denominada, ácida, reconocida por el bajo pH en el ambiente y por la emanación de gases malolientes como el ácido sulfhídrico (H_2S) y los mercaptanos. La emisión de olores es una de las limitaciones para el uso del proceso anaeróbico.

Los procesos biológicos generan dos productos importantes :

- Metano, también llamado biogas o gas bioquímico.
- Compostado para suelo agrícola (como mejorador de suelos).

8.2 Disposición Final de Residuos Sólidos

La disposición de las basuras debe ser realizada mediante :

- Relleno Sanitario

Es inadmisibles el lanzamiento de basura en cuerpos, o cursos de agua, en suelos de alto potencial agrícola, en lagos o en mares; debido al desequilibrio ecológico que se produce; sobre todo por la adición excesiva de nutrientes al agua, y por otros problemas sanitarios, dentro de los cuales podemos señalar: la proliferación de insectos en el agua retenida por la basura o en las márgenes del cuerpo de agua, la acumulación de basura en las márgenes y en las áreas de descarga de los

residuos sólidos, la presencia incontrolada de animales y de segregadores de materiales de basura.

Otra opción impracticable para la basura urbana es su empleo en la alimentación animal.

Se admite, con restricciones y control, la alimentación de animales con restos alimenticios. Para seguridad, tales restos deberán ser recocinados o tratados con vapor de agua.

Es preferible no incluir esta práctica como técnica global de disposición de residuos sólidos.¹⁶

8.2.1 Relleno Sanitario (R. S.)

Definición: El Relleno Sanitario es una técnica para la disposición de la basura en el suelo si no se causa perjuicio al medio ambiente ni molestias o peligros para la salud y la seguridad pública; método que utiliza diseños de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo el volumen de ésta al mínimo practicable, y cubriéndola con una capa de tierra frecuentemente; por lo menos al fin de cada jornada.

Como obra de ingeniería, el relleno sanitario debe ser construido mediante un proyecto para atender determinado objetivo general y, siempre que sea posible, con objetivos específicos. El objetivo general es disponer la basura urbana en forma sanitariamente correcta y a un costo viable. Los objetivos específicos pueden ser: la recuperación de algunas áreas inundables, la construcción de locales para la recreación, la producción económica de biogas, etc.

Igual que otras obras, según el tamaño y a las circunstancias, el relleno sanitario se construirá mediante un proyecto simple o complejo, pero obedeciendo los reglamentos, las normas y los métodos propios.

8.2.2 Costo de Procesamiento y Disposición de Basuras

Inicialmente, debemos considerar que los procesamientos reducen la cantidad de basura, mas no la eliminan totalmente, persistiendo una cantidad que será recolectada y dispuesta en relleno, y unos costos adicionales respectivos.

En segundo lugar, dado que el procesamiento tiene el objetivo económico de obtener ingresos mediante la venta de productos y subproductos, necesita un mercado constante para ellos en la propia ciudad o en una próxima, tomando en cuenta los costos de almacenamiento y de transporte correspondientes.

Como regla general, observamos que el costo global unitario del procesamiento decrece con el aumento de la cantidad procesada. La oferta de productos, entre tanto, debe ser compatible con el mercado potencial, a fin de que se alcancen los precios proyectados.

En resumen: el interés económico de un procesamiento debe ser objeto de análisis satisfactorio del mercado presente y del mercado proyectado, por lo menos para el período de amortización de las inversiones exigidas. Si este análisis es favorable, el procesamiento será una opción industrial conveniente.

8.3 Selección de Alternativa

La disposición final de los residuos sólidos urbanos debe hacerse en el suelo, según la técnica de relleno sanitario (R.S.), porque esta forma de disposición atiende a las exigencias sanitarias a bajo costo.

Aún pequeñas ciudades desprovistas de tractores, es viable la disposición en relleno sanitario o apenas cubierto en condiciones sanitarias aceptables, dependiendo de la selección del terreno. Para dos o más ciudades próximas

también puede ser ventajosa la utilización de un relleno sanitario, común, si el costo del transporte lo permite.

Un relleno sanitario puede no ser adecuado para recibir ciertos residuos, caso en que se justificaría un tratamiento especial. Salvo esta hipótesis, un procesamiento de residuos sólidos debe justificarse por suficientes razones económicas y ser accesible a la capacidad técnica y financiera local. Tales condiciones disminuyen la viabilidad de los procesamientos en las ciudades latinoamericanas, en la década de los 90's; sin embargo, el compostado puede tener mercado y recomendarse, debido a los beneficios sociales y económicos indirectos, en varias ciudades. En cualquier hipótesis, el relleno sanitario será necesario; ya sea para la basura integral o para el desecho del procesamiento.

En conclusión: cada ciudad debe tener su relleno sanitario, como método de disposición final. Se seleccionó esta alternativa para la disposición de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

8.4 Selección del Sitio de Disposición Final : Relleno Sanitario

La selección del sitio es un proceso que debe contemplar dos aspectos :

- El técnico.
- El de la tenencia de la tierra.

Con respecto al primero, a continuación se dan los lineamientos mínimos que deberán tomarse en cuenta, en la inteligencia de que es casi imposible encontrar un sitio ideal, que cumpla todos los requisitos.

- El tiradero existente.- deberá estudiarse como un sitio alternativo, que se pudiese transformar en relleno sanitario. El tiradero actual no reúne las condiciones mínimas para convertirlo en un relleno sanitario aceptable.

8.4.1 Vida Util del Sitio

Deberá tener una extensión tal que, estimada una rasante de proyecto terminado, se tenga un volumen de basura cuando menos 10 años de vida útil.

8.4.2 Tierra Para Cobertura

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en cuanto a la tierra necesaria para su construcción.

8.4.3 Topografía

El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía: sin embargo, se prefiere aquella en que se logre confinar el mayor volumen por hectárea, como puede ser el caso de minas a cielo abierto abandonadas, el comienzo de cañadas y otras.

8.4.4 Vias de Acceso

El sitio debe estar, de preferencia, a relativa corta distancia de la mancha urbana y bien comunicado por carretera, quizá con un camino de acceso corto no pavimentado pero circulable en toda la época del año.

8.4.5 Vientos Dominantes

De preferencia debe estar localizado de tal modo, que los vientos dominantes no soplen hacia la ciudad; sin embargo, si el relleno se opera correctamente, este factor puede despreciarse.

8.4.6 Ubicación del Sitio

Aunque un relleno bien operado no causa problemas, es preferible que esté cuando menos a un kilómetro; o mejor a tres kilómetros de los límites de la mancha urbana. Es conveniente que se haga una estimación del crecimiento de la ciudad para que ésta llegue al relleno al término de la vida útil de aquél para aprovecharlo como área verde.

8.4.7 Geología

Se prefieren suelos sedimentarios, con características areno-arcillosas; a fin de tener un suelo poco permeable, a fin de proteger los mantos freáticos y lo suficientemente manejable como para hacer las excavaciones, los cortes y aún poder contar con material para cubierta.

8.4.8 Geohidrología

De preferencia, se requiere que los rellenos estén profundos, para evitar la contaminación ambiental; sin embargo, sólo los estudios geohidrológicos permitirán tomar la decisión última si el manto freático no es profundo.

8.4.9 Hidrología Superficial

Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de residuos sólidos, es consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de las corrientes superficiales y de los cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

8.4.10 Relaciones Públicas

Se deberán prever las posibles oposiciones de la comunidad al proyecto y hacer la mejor selección posible.

Con referencia a la tenencia de la tierra es muy común que los dueños, sean ejidatarios o particulares y cedan el uso al municipio, a cambio de una anualidad o de algunas obras públicas. Es necesario contar siempre con un convenio escrito o contrato firmado por los dueños. En el caso de ser el terreno propiedad municipal no habría problema; pero en cualquier otro caso, el terreno deberá quedar marcado en el catastro de la propiedad como de uso restringido y así se lo deberá hacerle saber a sus dueños.

Siempre se deben de pre-seleccionar más de dos sitios viables para efectuar la debida evaluación y la selección final.

Las condiciones ideales para el sitio de un relleno sanitario son las siguientes :

- Ser fácil y rápidamente accesible para los vehículos recolectores.
- Permitir su utilización por un plazo superior a los diez años.
- Tener condiciones naturales que protejan los recursos naturales: la vida animal y vegetal .
- Estar localizado de modo que este uso no sea rechazado por la población.
- Ofrecer tierra para cobertura, en cantidad y calidad adecuada; dentro de las cercanías del sitio.

Rara vez se encuentra un terreno con todas estas condiciones; sin embargo, primeramente se deben clasificar los terrenos que reúnen buenas características, analizando sus inconvenientes , en función de los recursos técnicos y económicos disponibles, para eliminarlos; estableciendo un orden de preferencia para cada sitio. La selección final muchas veces dependerá de razones administrativas y políticas.

8.5 Antecedentes de Estudios Para la Ubicación de Rellenos Sanitarios en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez y Lugares Circunvecinos

Como se ha explicado anteriormente, el problema que originan los residuos sólidos no se termina con la disposición de éstos, ya que si no se lleva un control sobre ellos, pueden causar daños irreversibles en la salud de las personas y en la contaminación del sitio.

Es por ello que algunas dependencias y autoridades han realizado o encomendado estudios para localizar los mejores sitios para la ubicación de los rellenos sanitarios.

A continuación, se presentan , en resumen, tres dictámenes efectuados por la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en Chiapas.

- El primer sitio, denominado “ La Alacranera “, localizado en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, cuyo dictamen fue positivo para la construcción del relleno sanitario; pero, la Fuerza Aérea Mexicana se opuso a su construcción, argumentando la presencia de aves en el aire, las cuales provocarían accidentes durante los aterrizajes.
- El segundo sitio denominado “ Santa Inés”, localizado en el municipio de Berriozábal, Chiapas cuyo dictamen fue negativo, ya que el área de influencia se encuentra en la cuenca del río Sabinal y éste abastece al acuífero del valle de Tuxtla Gutiérrez.
- El tercer dictamen denominado “ Las Cirias “, localizado en el municipio de Berriozábal, Chiapas ; cuyo dictamen fue positivo para la construcción del relleno sanitario ; pero por la proximidad a la colonia Raymundo Enríquez; aunque se cumplía con la normatividad vigente, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario para la disposición final de los

residuos sólidos municipales, hubo oposición de la gente y no se llevó a cabo este proyecto.

8.6 Propuesta de Sitios Preliminares Sujetos a Estudios más Completos Para la Ubicación de un Relleno Sanitario Para la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Para las propuestas de los sitios preliminares, se harán de acuerdo a la norma. NOM-083-ECOL-1995.-Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a relleno sanitario, para la disposición final de los residuos sólidos municipales .

En un estudio para seleccionar el sitio de disposición final de residuos sólidos municipales se distinguen tres etapas de diferente profundidad cada una de ellas. las cuales se mencionan a continuación .

Al inicial se le llama "Estudio de Reconocimiento", que consiste en la ubicación de sitios en diferentes cartografías, así como cotejar algunos requisitos que exige la norma correspondiente. La siguiente etapa se le denomina "Análisis de Semidetalle", en esta segunda etapa, como su nombre lo indica, se hacen los estudios de las áreas que en el análisis anterior resultaron con mayor factibilidad para la localización de los confinamientos de residuos sólidos. El nivel más profundo y final es conocido como "Estudios de Detalle" que consiste, básicamente, en practicar estudios detallados del sitio de menores dimensiones y técnicamente seleccionados para finalmente concluir si en el sitio seleccionado se puede confinar residuos sólidos sin contaminar los mantos acuíferos.

Cabe aclarar que el presente documento únicamente contempla la primera etapa denominada "Estudios de Reconocimiento".

PROPUESTAS DE RECONOCIMIENTO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE TUXTLA GUTIÉRREZ.

Esta es la primera etapa regional de reconocimiento para la posible ubicación de rellenos sanitarios.

PRIMERA PROPUESTA

Localización y acceso al sitio

El área sujeta a estudio se encuentra en la porción Sur-Oeste del Estado, su posición geográfica está entre los paralelos $16^{\circ} 42' 07''$ y $16^{\circ} 41' 34''$ de latitud norte, y $93^{\circ} 09' 01''$ y $93^{\circ} 09' 34''$ de longitud oeste, datos tomados de la carta topográfica (Tuxtla Gutiérrez E-15 C-69) del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, escala 1:50,000.

Para llegar al área estudiada se toma la carretera pavimentada Tuxtla-Aeropuerto Francisco Sarabia y después de este último se hace un recorrido de 3 Km de brecha hasta llegar al sitio analizado, recorriendo 12 Km.

Climatología

De acuerdo a la clasificación de W. Koppen, al área en estudio le corresponde un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano.

Fisiografía

El área se ubica dentro de la provincia fisiográfica denominada Depresión Central, la cual es paralela a la Sierra Madre de Chiapas ; está orientada de noroeste a Sureste, tiene una longitud de 280 Km y una anchura de 30 Km. Las altitudes varían, de 500 a 700 msnm, formando valles amplios, como el del alto Grijalva en rocas calcáreas y arcillosas. Su vegetación se haya constituida por manchas de bosques alternados con extensas sabanas provistas de arbustos y árboles. Una característica especial de esta región es que ahí se registra la menor precipitación pluvial, en el Estado.

GEOLOGÍA

Estratigrafía

En el sitio propuesto se encuentran dos unidades formacionales de la época terciaria, las cuales presentan las siguientes características :

Terciario Paleoceno

En esta área se localizan lutitas y fosilíferas en una unidad basal gris verdoso a café y café amarillento, que presenta algunas veces un cuerpo de conglomerados constituidos por cantos de calizas cretácicas en la base, las sobreyace una unidad que está constituida por calizas fosilíferas con lentes de pedernal de color café claro, en partes, margosa.

Terciario Eoceno

Constituido por areniscas con estratificación de color ocre a rojizo micasíferas de grano fino a grueso con partículas angulares de cuarzo, pedernal y glauconita no fosilífera sobreyacida por lutitas arenosas con abundante micro y macrofauna. Las

calizas son biógenas en color café lechoso, crema a café rojizo, presentan esporádicos corales y bancos de ostras, las facies de depósitos van del continental al lagunar marginal.

Geología Estructural

Sinclinal Copoya, plegamiento sinclinal cuyo eje presenta una dimensión de aproximadamente 15 Km con un rumbo de noroeste-sureste constituido por rocas terciarias de las formaciones Soyalo-Lacandón del paleoceno a las indiferencias del eoceno en su flanco suroeste.

SEGUNDA PROPUESTA

Localización y acceso al sitio

El área sujeta a estudio se encuentra en la porción Sur-Oeste del Estado, su posición geográfica está entre los paralelos 16° 29' 42" y 16° 39' 09" de latitud Norte y 93° 01' 41" y 93° 02' 14" de longitud oeste, tomados de la carta topográfica (Tuxtla Gutiérrez E-15 C-69) del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática escala 1:50,000.

Para llegar al área de estudio se toma la carretera pavimentada Tuxtla Gutiérrez-Angostura a la altura de Cupía, después de este último se hace un recorrido de 1 Km de brecha hasta llegar al sitio en estudio ; un total de 16 Km de recorrido.

Climatología

De acuerdo a la clasificación de

Fisiografía

El área se ubica dentro de la provincia fisiográfica denominada Depresión Central, la cual es paralela a la Sierra Madre de Chiapas. Está orientada de Noroeste a Sureste, con una longitud de 280 Km y una anchura de 30 Km. Las altitudes varían de 500 a 700 msnm, formando valles amplios, como el del alto Grijalva en rocas calcáreas y arcillosas. Su vegetación se haya constituida por manchas de bosques alternados con extensas sabanas provistas de arbustos y árboles. La característica principal de esta región es la de ser donde se registran las menores precipitaciones pluviales del Estado.

GEOLOGÍA

En esta área únicamente existe una unidad formacional, perteneciente al terciario eoceno.

Geología estructural

Sinclinal Copoya, plegamiento sinclinal cuyo eje presenta una dimensión de aproximadamente 15 Km con un rumbo de Noroeste-Sureste constituido por rocas terciarias de las formaciones Soyalo-Lacandón del paleoceno a las indiferencias del eoceno en su flanco Sureste.

TERCERA PROPUESTA

Localización y acceso al sitio

El área sujeta a estudio se encuentra en la porción Sur-Oeste del Estado, su posición geográfica está entre los paralelos 16° 39' 03" y 16° 38' 30" de latitud Norte y 93° 02'

15" y 93° 02' 48" de longitud Oeste, tomados de la carta topográfica (Tuxtla Gutiérrez E-15 C-69) del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática escala 1: 50,000.

Para llegar al área de estudio se toma la carretera pavimentada Tuxtla Gutiérrez-Angostura a la altura de Cupía después de este último, se hace un recorrido de 4 Km de brecha hasta llegar al sitio en estudio ; un total de 19 Km de recorrido.

Climatología

De acuerdo a la clasificación de W. Koppen, al área en estudio le corresponde un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano.

Fisiografía

El área se ubica dentro de la provincia fisiográfica denominada Depresión Central, la cual es paralela a la Sierra Madre de Chiapas. Y está orientada de Noroeste a Sureste, con una longitud de 280 Km y una anchura de 30 Km. Las altitudes varían de 500 a 700 msnm, formando valles amplios como el del alto Grijalva en rocas calcáreas y arcillosas. La vegetación se haya constituida por manchas de bosques alternados con extensas sabanas, provistas de arbustos y árboles. La característica principal de esta región es la de ser donde se registran las menores precipitaciones pluviales del Estado.

GEOLOGÍA

En esta área únicamente existe una unidad formacional, perteneciente al terciario eoceno.

Geología estructural

Sinclinal Copoya, plegamiento sinclinal cuyo eje presenta una dimensión de aproximadamente 15 Km con un rumbo de Noroeste-Sureste constituido por rocas terciarias de las formaciones Soyalo-Lacandón del paleoceno a las indiferencias del eoceno en su flanco Sureste.

Para la ubicación de los 3 sitios anteriores ver las siguientes cartas:

- Carta topográfica, Fig. 16 y Fig. 17
- Carta Geológica, Fig. 18
- Carta de Aguas Subterráneas, Fig. 19
- Carta de Aguas Superficiales, Fig. 20
- Espacio Mapa, Fig. 21

MATRIZ DE PARÁMETROS SEGÚN LA NOM-083-ECOL-1995

El siguiente cuadro es una matriz de parámetros, que indican la factibilidad preliminar, para ubicar los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.

PARAMETRO	NORMA	1er. Sitio	2do. Sitio	3er. Sitio
Distancia mínima a aeropuertos	3000 mts.	3000 mts.	> 3000 mts.	> 3000 mts.
Respecto a: Áreas de protección Derecho de vías de autopistas Caminos principales Caminos secundarios	No interferir	No interfiere No interfiere No interfiere No interfiere	No interfiere No interfiere No interfiere No interfiere	No interfiere No interfiere No interfiere No interfiere
Áreas protegidas	No ubicar	No hay	No hay	No hay
Respecto a: Oleoductos Gasoductos Torres de energía eléctrica Acueductos	No interferir	No interfiere No interfiere No interfiere No interfiere	No interfiere No interfiere No interfiere No interfiere	No interfiere No interfiere No interfiere No interfiere
Distancia mínima a poblaciones mayores de 20 000 hab.	1000 mts.	>1000mts.	> 1000 mts.	> 1000 mts.
Zonas de inundación	No ubicar	No hay	No hay	No hay
Zonas de pantanos marismas	No ubicar	No hay	No hay	No hay
Distancia mínima de aguas superficiales	300 mts.	>300 mts.	>300mts.	>300 mts.
* Distancia mínima de una falla Activa	60 mts			
* Zonas donde los taludes sean inestables	No ubicar			
* Zona donde existan o se puedan generar los asentamientos diferenciales que lleven al fracturamiento				
Distancia mínima a pozos para agua potable	360 mts	>360 mts	>360 mts	>360 mts
Municipio		Tuxtla Gutiérrez	Chiapa de Corzo	Chiapa de Corzo
Superficie del sitio		100 Has.	100 Has.	100 Has.

* Este tipo de análisis se lleva a cabo en los estudios de semidetalle y detalle.

El análisis anterior forma parte de un análisis integral de 3 etapas que se inicia con los trabajos en el nivel regional, estudiando la localización de superficies en el entorno del punto generador de los residuos sólidos, que por sus características naturales presentan vocación para que se puedan acumular en ellas residuos sin provocar contaminación en los recursos hídricos subterráneos.

Este análisis se inicia con la delimitación del área a estudiar, la cual será tan amplia como fuera posible; esto es, en función directa de las dimensiones que la población tenga, así como de la distancia máxima que pueda ser recorrida para transportar los residuos.

El presente estudio se inició con la recopilación de información de carácter topográfico, geológico, de aguas superficiales y de aguas subterráneas, para identificar las áreas no vulnerables en las que se pueda continuar realizando estudios de más detalle, posteriormente, en cualquiera de los 3 sitios propuestos se deberá de seguir con los siguientes estudios :

ANÁLISIS DE SEMIDETALLE

En esta segunda etapa se estudiarán las áreas que en el análisis regional resultaron las más factibles para la ubicación de confinamientos; sin embargo debido a que aún pueden constituir áreas de extensión amplia, no es posible realizar en ellas estudios de detalle, ya que esto implicaría un alto costo de inversión ; por lo que se debe realizar un análisis en nivel de semidetalle, que tendrá por objetivo seleccionar sitios con potencialidad para constituir confinamientos, en los que se desarrollen estudios de detalle que confirmen esta posibilidad o que permitan elegir el más adecuado.

Las actividades en este nivel consistirán en:

- Realizar visitas de campo con objeto de establecer la presencia de unidades de roca permeables y no permeables, sus espesores, su distribución, etc.
- Ubicar obras de captación de agua subterránea, recientemente perforadas o bien que no se habían ubicado por no formar parte de zonas de concentración de pozos; estas obras aisladas permitirán adicionalmente conocer la profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico y el tipo de materiales que están conformando el o los acuíferos.
- Integrar las actividades anteriores con las de la primera etapa de trabajo, con objeto de identificar uno o varios sitios en los que sea posible realizar estudios en nivel de detalle.

ESTUDIOS DE DETALLE

Corresponden a la tercera etapa de trabajo y consisten en practicar estudios detallados en los sitios de menores dimensiones y técnicamente seleccionados, para establecer si es posible almacenar residuos sin provocar problemas de contaminación a los recursos hídricos, o bien definir las medidas que se deben tomar para evitarlo.

Las actividades a realizar en esta última etapa son los siguientes:

Recopilación de información complementaria

Al llegar a esta etapa, se tiene ya un conocimiento profundo de la zona, por lo que la recopilación de información se enfoca a trabajos de detalle realizados en o cerca del sitio; uno de estos trabajos a recopilar son los de carácter sísmico para evaluar si en el entorno próximo se localizan focos sísmicos, así como la intensidad y las magnitudes registradas durante estos eventos; otro tipo de trabajos que conviene recopilar son los de tipo geotécnico y de bancos de materiales.

Geología del detalle

Esta actividad tendrá dos enfoques, el primero consiste en llevar a cabo las acciones necesarias para fundamentar el modelo de funcionamiento hidrogeológico de la zona y el segundo, realizar actividades que permitan conocer algunas características geotécnicas de referencia del sitio y localizar bancos de materiales.

En ambos casos, es importante realizar reconocimientos de detalle en el campo, en los que se establezcan los diferentes tipos de materiales que existen, su secuencia estratigráfica, así como su granulometría, su grado de compactación, cementación y soldamiento ; según sea el origen del material. Será también importante establecer los diferentes tipos de estructuras que los afectan, tales como : fallas, fracturas, estratos, disolución, etc., definiendo cómo afectan la permeabilidad original de los materiales.

Los estudios geológicos relacionados con la localización de bancos de materiales, que pueden servir como interfase entre el suelo natural y los residuos a confinar, o bien para cubierta de estos últimos, consistirán en: definir la naturaleza y espesor de las unidades litológicas superficiales y del subsuelo; establecer su facilidad de remoción, y establecer la programación de la exploración geotécnica del subsuelo con perforaciones de pequeño diámetro (alrededor de 3 pulgadas), pozos a cielo abierto, trincheras, etc. El aspecto relacionado con remoción de materiales es también importante analizarlo en el sitio donde se ubicará el confinamiento, pues el costo de construcción, tiene una relación directa con la facilidad que los materiales tienen para ser excavados.

Geofísica

Como una conclusión de las actividades anteriores se puede establecer un modelo conceptual geológico, definido a partir de las evidencias de superficie y de inferencias realizadas sobre las características del subsuelo; sin embargo, este modelo debe ser conocido con mayor precisión y confiabilidad, por lo que se plantea la realización de

estudios geofísicos (normalmente sondeos eléctricos verticales), en puntos en donde se pretende conocer con mayor detalle la geología del subsuelo, por lo que la ubicación exacta de los sondeos eléctricos verticales se establecerá a partir de los resultados del estudio geológico de detalle. Resulta siempre conveniente ubicar algún sondeo eléctrico muy próximo a un pozo, cuando se conoce el corte litológico del mismo, ya que esto permite realizar una buena correlación de resistividad contra la litología.

Actividades de carácter hidrogeológico

Esta actividad tiene como objetivo el establecer el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico del sitio en estudio, el cual se fundamenta en los resultados de la geología y la geofísica; las actividades que se deben realizar durante esta etapa son:

1. Verificación de las características físicas de las unidades litológicas, así como de las estructuras geológicas que los afectan.
2. Censo detallado de obras de captación como son: pozos, notas y manantiales.
3. Definición y delimitación de las unidades hidrogeológicas.
4. Identificación del tipo o tipos de acuíferos que existen.
5. Definición de la trayectoria que sigue el agua en el subsuelo.
6. Evaluación de la calidad del agua subterránea.
7. Identificación de la forma en que el o los acuíferos se recargan y descargan

8. Perforación de pozos de pequeño diámetro para establecer en forma directa las características y tipo de materiales presentes en el subsuelo, así como para llevar a cabo determinaciones cuantitativas de su permeabilidad.

9. Si es conveniente, perforar un pozo que permita establecer la profundidad a la que encuentra el límite superior del acuífero, el tipo de acuífero de que se trata y la calidad de agua que contiene.

Con la integración de toda la información anterior, se podrá definir el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico y cumplir con el objetivo originalmente planteado, que era definir si el sitio elegido con los estudios previos, lo cual permitiría la ubicación de confinamientos sin riesgo a contaminar los recursos hídricos, así como establecer que medidas se deben tomar para evitar este problema.

CAPITULO 9

DISEÑO Y CAPACIDAD DEL RELLENO SANITARIO

9.1 Método del Relleno Sanitario

Como se explicó en el capítulo anterior, el relleno sanitario es el método de Ingeniería recomendado para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuáles se depositan en el suelo, se esparcen y se compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra al término de las operaciones del día.

Básicamente, existen tres métodos para operar un relleno sanitario; cada uno de éstos debe cumplir el objetivo final de colocar capas de basura debidamente compactadas y recubiertas por tierra, tanto lateral como horizontalmente.

Los métodos son los siguientes:

- Método de Trinchera
- Método de Area
- Método Combinado.⁷

9.1.1 Método de Trinchera

Consiste en depositar los residuos sólidos sobre el talud inclinado de la trinchera, donde son esparcidos y compactados con el equipo adecuado, en capas hasta formar una celda que después será cubierta con el mismo material excavado, con una frecuencia mínima de una vez al día.

Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras.

Se recomienda tener lotes de basura de entre 40 y 60 cms. de espesor y compactarlos con 4 pasadas de la maquinaria; los lotes se van acomodando y sobreponiendo y una vez alcanzada la altura deseada, se cubren con una capa de tierra de entre 15-30 cms.¹⁹
(ver FIGURA 22).

9.1.2 Método de Area

En aquellas zonas donde no sea posible tener una trinchera, se puede utilizar el Método de área, operando sobre la superficie del terreno. Este método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado y compactarlos en capas inclinadas de 60 cms, para formar la celda que después se cubre con tierra. Este método se puede usar en cualquier terreno disponible, como en minas abandonadas (a cielo abierto), depresiones que ya se hayan hecho, inicio de cañadas, terrenos planos duros y donde el manto freático no es muy profundo.

Es importante señalar que el material que se utilice para cubrir la basura debe de estar cercano al relleno sanitario.

Así mismo, las celdas concurridas deben estar libres de procesos erosivos y de

infiltración excesiva hacia las partes profundas del predio.

Se recomienda no construir celdas de más de 6 metros de altura.

(ver FIGURA 23).

9.1.3 Método Combinado

En algunos casos, cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo: Se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área, en la parte superior.

En los lugares en que no existe mucha disponibilidad de terreno para depositar la basura, es muy común utilizar este método.

Al igual que el método de área, se debe de tener cuidado en cubrir adecuadamente los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir la erosión o la dispersión de la basura por efectos del aire. Las celdas no deben construirse a más de 6 metros de altura. (ver FIGURA 24).

En cualquiera de los tres métodos; para prevenir erosión, lograr una buena operación de la maquinaria y dar estabilidad a los confinamientos, se recomienda la construcción de taludes, en proporción de 1:3 o 1:4; es decir, por 1 metro de altura se avanzan 3 o 4 metros horizontalmente.

Así mismo, independientemente del método de operación que se adopte en el relleno sanitario, deben construirse canales o drenes que recojan los lixiviados. De igual forma, durante la construcción del relleno sanitario se van colocando los tubos emisores de biogas, con el fin de evitar incendios espontáneos en el relleno sanitario y la dispersión del biogas.

9.2 Cálculo de la Capacidad y Dimensiones del Relleno Sanitario y Método Propuesto

Para el cálculo y las propuestas, se utilizaron criterios de la norma NOM-084-ECOL-1995, que establece los requisitos para el diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario.

De entre los sistemas convenientes de disposición final, explicados en el capítulo anterior, el relleno sanitario es la técnica más utilizada en México.

Para el municipio de Tuxtla Gutiérrez propongo este método, debido a su costo, su forma de operación, en comparación con los otros métodos mencionados y que es posible encontrar terrenos disponibles, como los que se propusieron en el capítulo anterior.

Dentro los métodos de relleno sanitario explicados anteriormente propongo el método combinado, por el aprovechamiento del espacio, por la tierra de cobertura disponible ya que se aumenta de esta manera la capacidad en la disposición final.

Cálculo de la Capacidad y Dimensiones del Relleno Sanitario :

El presente cálculo estima una vida útil del sitio propuesto de 15 años, por lo que se utilizarán las siguientes consideraciones y fórmulas :

- Cálculo de la vida útil de un relleno sanitario.

$$U = V_s / (365 G_t)$$

donde :

U = Es la vida útil del relleno sanitario, en años.

V_s = Es el volumen del sitio seleccionado, en m³.

G_t = Es la cantidad de residuos sólidos recolectados en un tiempo determinado, incluyendo el volumen del material de cubierta, en m³ / día.

La fórmula anterior puede desglosarse aún más :

$$U = V_s / (G_v + \% G_v) (365)$$

donde :

G_v = Es la cantidad de residuos sólidos a disponer en $m^3/día$.

$\%G_v$ = Es un porcentaje de G_v correspondiente al material de cubierta.

- Además la siguiente fórmula :

$$G_p = (G_A + G_M + G_B) / 3$$

Donde :

G_p = Es la cantidad promedio de residuos sólidos a disponer, en ton./día, de los tres estratos socioeconómicos de una comunidad.

G_A = Es la cantidad de residuos sólidos a disponer, del estrato de nivel socioeconómico alto
en ton./día.

G_M = Es la cantidad de residuos sólidos a disponer, del estrato de nivel socioeconómico medio, en ton./día.

G_B = Es la cantidad de residuos sólidos a disponer, del estrato de nivel socioeconómico bajo, en ton./día.

- Se selecciona un incremento en la tasa de generación entre valores de 1 a 3 % ; se selecciona el año futuro en que se desean depositar los residuos y se aplica la siguiente fórmula :

$$G_{n_f} = G_p (1 + r_g)^{n_f}$$

Donde :

G_{n_f} = Es la cantidad de residuos sólidos a disponer en el año “ n_f “, en ton./día.

G_p = Es la cantidad de residuos sólidos presentes a disponer, en ton./día.

r_g = Es la tasa de incremento de generación y varía de 1 a 3 %.

n_f = Es el número de años considerado a futuro.

- La cantidad de residuos sólidos anual “ $G_t (n_f)$ “ de la comunidad, para cualquier año futuro “ n_f “, se calcula mediante la ecuación :

$$G_t (n_f) = 365 G (n_f)$$

Donde :

$G_t (n_f)$ = Es la cantidad de residuos sólidos para el año futuro “ n_f “ en ton./año.

- La cantidad de residuos sólidos total “ GT “ de varios años, se calcula con la ecuación :

$$GT = \sum G_t (n_f)$$

- El volumen acumulado de los residuos sólidos (V_{R_T}) para el año “ n_f “, se calcula con la ecuación :

$$V_{R_T} = G_t (n_f) / P_v$$

- Y para varios años :

$$V_{R_T} = GT / P_v$$

Donde :

V_{R_T} = Volumen acumulado de los residuos sólidos en el año “ n_f “.

P_v = Es el peso volumétrico de los residuos sólidos en el relleno sanitario, en ton./m³.

- El volumen del material de cubierta, (V_M), el cuál se estima entre un 20 a un 30 % del volumen de los residuos sólidos.
- El volumen total (V_T), de residuos sólidos y material de cubierta, se calcula mediante la ecuación :

$$V_T = V_{R_T} + V_M$$

Donde :

V_T = Es el volumen total de residuos sólidos y material de cubierta, en m^3 .

V_{R_T} = Es el volumen acumulado de los residuos sólidos, en m^3 .

V_M = Es el volumen de material de cubierta, en m^3 .

- Cálculo del área del relleno sanitario, mediante la ecuación :

$$A = V_T / H$$

Donde :

A = Area del relleno sanitario, en m^2 .

H = Profundidad del relleno sanitario, en m.¹⁴

Para el cálculo del relleno sanitario de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se considerarán los siguientes datos, como puntos de partida :

- Generación de 417.32 ton./día, estimadas en 1995, correspondientes a un 100 % en la recolección.
- Para la generación se considerará un incremento anual, del 2 % debido principalmente a los cambios en los hábitos de consumo.
- El porcentaje del volumen de cubierta, se estimará en un 20 %, del volumen de los residuos sólidos.
- El peso volumétrico estimado en relleno sanitario, será de 0.6 ton./ m^3 .
- Vida útil del sitio, 15 años, hasta el año 2,011.
- 1997, Año propuesto para las operaciones, en el relleno sanitario.

A continuación en el siguiente CUADRO 15, se considerarán los cálculos efectuados con las fórmulas anteriores, para conocer los volúmenes finales (de residuos sólidos dispuestos y material de cubierta), acumulados durante 15 años.

Cuadro 15.- Volúmenes finales para el cálculo del relleno sanitario.

Se - cuen- cia	Año	Peso Vol. (ton/ m ³)	Gene- ración Diaria (ton.)	Volu- men Diario (m ³)	Gene- ración Anual (ton.)	Volumen Anual (m ³)	Cu bier- ta Diaria (m ³)	Cubierta Anual (m ³)
+	1995	0.6	417.32	695.53	152,321.80	253,868.45	139.10	50,771.50
++	1996	0.6	425.66	709.43	155,365.90	258,941.95	141.88	51,786.20
1	1997	0.6	434.17	723.61	158,472.05	264,117.65	144.72	52,822.80
2	1998	0.6	442.86	738.10	161,643.90	269,406.50	147.62	53,881.30
3	1999	0.6	451.72	752.86	164,877.80	274,793.90	150.57	54,958.05
4	2000	0.6	460.75	767.91	168,173.75	280,287.15	153.58	56,056.70
5	2001	0.6	469.97	783.28	171,539.05	285,897.20	156.65	57,177.25
6	2002	0.6	479.36	798.93	174,966.40	291,609.45	159.78	58,319.70
7	2003	0.6	488.95	814.91	178,466.75	297,442.15	162.98	59,487.70
8	2004	0.6	498.73	831.21	182,036.45	303,391.65	166.24	60,677.60
9	2005	0.6	508.71	847.85	185,679.15	309,465.25	169.57	61,893.05
10	2006	0.6	518.88	864.80	189,391.20	315,652.00	172.96	63,130.40
11	2007	0.6	529.26	882.10	193,179.90	321,966.50	176.42	64,393.30
12	2008	0.6	539.84	899.73	197,041.60	328,401.45	179.94	65,678.10
13	2009	0.6	550.64	917.73	200,983.60	334,917.45	183.54	66,992.10
14	2010	0.6	561.65	936.08	205,002.25	341,669.20	187.21	68,331.65
15	2011	0.6	572.88	954.80	209,101.2	348,502.00	190.96	69,700.4
T O T A L E S						Σ= 4,567,573.5		Σ= 913,500.1

NOTA: + 1995, Año de referencia

++ 1996, Año de estudio, para los interesados

$$V_T = V_{R_T} + V_M$$

$$V_T = 4,567,573.5 \text{ m}^3 + 913,500.1 \text{ m}^3 = 5,481,073.6 \text{ m}^3.$$

Volumen que se necesita para 15 años :

Proponiendo método combinado y estimando 6 metros de profundidad en la trinchera y 3.3 metros de área más 1.2 metros de tierra vegetal, para sembrar áreas verdes al término de la vida útil.

El área que se necesita para la disposición es :

$$H = 6 \text{ m} + 3.3 \text{ m} = 9.3 \text{ m}.$$

$$A = 5,481,073.6 \text{ m}^3 / 9.3 \text{ m} = 589,362.75 \text{ m}^2$$

Si 1 Ha. = 10,000 m². , se necesitan¹³

$A \cong 58.93$ Has. Para la disposición

A esta área hay que sumarle un 20 %, para transitar dentro del relleno, construcción de instalaciones auxiliares, báscula, etc.

$$A = 58.93 + 20 \%$$

$$A = 70.72 \text{ Has.}$$

Como se dispone suficiente terreno en los 3 sitios propuestos, se considerará una superficie total de 100 Has.

Las 100 Has. del relleno sanitario estarán alambradas con malla ciclónica de 3 metros de altura, con refuerzos de tubo de acero y una longitud de 4,000 metros, igual a su perímetro.

9.3 Diseño de Celdas

Se llama celda a la configuración geométrica que se le da a los residuos sólidos municipales y al material de cubierta (tierra) debidamente compactados mediante un equipo mecánico.

Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de residuos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio del relleno sanitario seleccionado.

Los elementos de una celda son: la altura, el largo, el ancho del frente de trabajo, la pendiente de los taludes laterales y los espesores del material de cubierta diaria y del último nivel de celdas.

Altura .- La altura de celda depende de la cantidad de los residuos que se depositan, del espesor del material de cubierta (tierra) de, la estabilidad de los taludes

y de la compactación. Mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de tierra necesaria para cubrir los residuos y mientras menor sea la altura de las celdas, el relleno requerirá de mayor cantidad de material de cubierta. Este puede variar , desde 1 a 6 metros, incluyendo el espesor de la cubierta. La altura más recomendable es de más de 3 metros. Con un talud cuya relación entre la altura y el avance sea de 1 : 3.

Largo de la celda .- Este parámetro depende de las necesidades del proyecto, de la operación de cada sitio y de la superficie de terreno disponible. También esta determinado por el volumen diario de residuos a disponer.

Ancho de la celda .- Esta dimensión está condicionada por el frente de trabajo necesario para que la maquinaria funcione y maniobre adecuadamente para realizar el acomodo y la compactación de la basura. Debe tener el ancho suficiente para permitir la descarga de los equipos de recolección de basura. Se recomienda que el ancho mínimo sea de 2 a 2.5 veces, el largo de la cuchilla de la maquinaria.

En la siguiente tabla se recomiendan los anchos mínimos según la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.¹⁹

TABLA 5 .- Ancho mínimo recomendado de celda o mínimo de frente de trabajo, dependiendo de la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.

Toneladas diarias de residuos que llegan al relleno sanitario	Longitud de las cuchillas del equipo en (metros)	Ancho mínimo de las celdas en (metros)
20 - 50	hasta 4.0	8
50 - 130	hasta 5.5	10
130 - 250	hasta 6.5	12
250 - 500	hasta 7.5	15

En la FIGURA 25 , se observan las dimensiones básicas para el diseño de la construcción de una celda, para el relleno sanitario de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

Las cuáles son las siguientes :