Universidad del Magdalena
Biblioteca
Santa Marta Col.

DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL CORREGIMIENTO DE PALMOR, MUNICIPIO DE CIENAGA, DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

ABEL RIVERA GARCIA

JOSE PEREIRA GUZMAN

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

INSTITUTO DE FORMACION AVANZADA

CIENCIAS AMBIENTALES

SANTA MARTA, D.T.C.H.

1997

libro
ej. 1

20580

DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL CORREGIMIENTO DE PALMOR, MUNICIPIO DE CIENAGA, DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

JOSE PEREIRA GUZMAN
ABEL RIVERA GARCIA

Trabajo para optar al titulo de
Especialista en Ciencias Ambientales

Director
LUIS CARLOS GUTIERREZ MORENO
Lic. Biología y Química
Especialista en Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

INSTITUTO DE FORMACION AVANZADA

CIENCIAS AMBIENTALES

SANTA MARTA D.T.C.H

1997

PCA
00003
ej.2

CONTENIDO

Pág

INTRODUCCION 11

ANTECEDENTES 13

OBJETIVOS 15

JUSTIFICACION 17

1. METODOLOGIA 19

2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LOCALIDAD DE PALMOR 28

2.1. LOCALIZACION Y EXTENSION 29

2.2. ASPECTO HISTORICO 33

2.3. ASPECTOS FISICOS 34

2.3.1. Climatología 34

2.3.2. Hidrografía 34

2.3.3. Geomorfología y suelos 35

2.4. VEGETACION 36

2.5. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS 37

2.5.1. Acceso a la comunidad, transporte y comunicaciones 37

2.5.2. Aspectos demográficos 38

2.5.3. Proyección de la población 38
2.5.4. Actividad económica 39
2.5.5. Condiciones sanitarias existentes 40
2.5.6. Estructura institucional y administrativa 41
3. SITUACION ACTUAL DEL SERVICIO DE ASEO EN LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO 43
3.1. SERVICIO DE RECOLECCION DE LAS BASURAS 43
3.2. ALMACENAMIENTO DOMICILIAR 43
3.3.TARIFA DEL SERVICIO DE RECOLECCION DE BASURAS 44
3.4. FRECUENCIA DE RECOLECCION ACTUAL 45
3.5 DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS 45
4. SISTEMAS MAS UTILIZADOS PARA LA DISPOSICION DE LAS BASURAS 47
4.1. BOTADEROS A CIELO ABIERTO 48
4.2. RELLENOS SANITARIOS 49
4.3. INCINERACION 50
4.4. RECICLAJE 52
5. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL DE LA CABECERA CORREGIMENTAL DE PALMOR 54
5.1. CARACTERIZACION DE LAS BASURAS 54
5.2. SELECCION DEL SITIO 56
5.2.1. Método de relleno sanitario tipo área 56
5.2.2. Método de relleno sanitario tipo rampa o pendiente 58
5.3. CRITERIOS DE SELECCION 58
5.3.1. Aspectos sociopolíticos 58

5.3.2. Criterios urbanísticos 59

5.3.3. Criterios económicos 60

5.3.4. Criterios técnicos 61

5.3.5. Criterios sanitarios 62

5.4. CARACTERIZACION Y PARAMETROS DE DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO 63

5.4.1. Caracterización del terreno 63

5.4.1.1. Configuración original del terreno 63

5.4.1.2. Estudio de suelos 64

5.5. DISEÑOS 64

5.5.1. Configuración inicial 64

5.5.1.1. Desbroce y retiro de la vegetación, descapote, replanteo e impermeabilización del terreno 67

5.5.2. Capacidad del sitio 68

5.5.3 Material de cobertura 69

5.5.4. Cálculo de la producción de lixiviados y liquido percolado 70

5.5.5. Manejo y tratamiento de lixiviados y líquidos percolados 73

5.5.6. Diseño del dren de lixiviados 74

5.5.7. Diseño del pozo de monitoreo de lixiviados 75

5.5.8. Cálculo de la producción de gases generados en el relleno sanitario de Palmor 76

5.5.9. Manejo y tratamiento de los gases 77

5.5.10. Diseño de los desfogues de gases 77

5.5.11. Diseño del muro de contención 78

5.5.12. Diseño de los canales de evacuación de aguas lluvias 80

5.5.12.1.Canal perimetral 81
5.5.12.2. Canal interno o de media ladera 83
5.5.13. Ampliación de la cuneta 84
5.5.14. Construcción de una alcantarilla 85
5.5.15. Caseta de almacenamiento de herramientas 86
5.5.16. Camino de acceso interno 87
5.5.17. Plataforma para el descargue de basuras 88
5.5.18. Diseño del tobogán 89
5.5.19. Diseño del pozo de monitoreo de aguas subterráneas 90
5.5.20. Cerca perimetral 92
5.5.21. Valla de información 93
6. SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE PALMOR 97
6.1. NORMAS DE RECOLECCION 97
6.2. VEHICULO RECOLECTOR 99
6.3. FRECUENCIA DE RECOLECCI0N DEL DISEÑO 99
6.4. DEFINICION Y TRAZADO DE LA RUTA DE RECOLECCION 100
6.5. ALMACENAMIENTO 101
6.5.1. Normas recomendadas para el almacenamiento de los residuos sólidos 102
6.5.2. Tipos de almacenamiento 103
6.5.2.1. Almacenamiento domiciliar 103
6.5.2.2.Almacenamineto en vías y áreas publicas 104
6.5.2.3. Almacenamineto en establecimientos especiales 105
6.6. RECICLAJE 105

7. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO Y HERRAMINETAS DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR 107
7.1. VEHICULO RECOLECTOR 107
7.2. EQUIPO MENOR PARA LA RECOLECCION 108
7.3. EQUIPO MANUAL PARA LA DISPOSICION FINAL 108
8. DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN EN EL RELLENO SANITARIO DE PALMOR 112
8.1. PROCEDIMIENTO DE DESCARGUE 112
8.2. COMPACTACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS 113
8.2.1. Control de la densidad de compactación 114
8.3. SECUENCIA DE LLENADO 115
8.4. OPERACION EN EPOCA DE INVIERNO 115
8.5. USO DEL EQUIPO DE SEGURIDAD 116
8.5.1.Normas de higiene 117
8.6. RECICLAJE 118
9. ORGANIZACION PARA EL MANEJO DEL SISTEMA DE ASEO EN PALMOR 119
9.1. TIPOS DE ORGANIZACIÓN 119
10. EJECUCIÓN DEL PROYECTO 122
10.1. ADMINISTRACIÓN DE LA EJECUCIÓN E INTERVENTORIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE, PALMOR 123
10.2 EJECUCION DE LAS OBRAS EN EL RELLENO SANITARIO DE PALMOR 124
11. GENERALIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO 126

11.1. EFECTOS NEGATIVOS ESPERADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR Y LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN O DE CONTROL 127

11.1.1. Fase de construcción 128

11.1.2. Fase de operación 129

11.2. EFECTOS POSITIVOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR Y POS VIDA UTIL 130

BIBLIOGRAFIA 132

ANEXOS

LISTADO DE TABLAS

Pág

Tabla 1. Matriz para clasificación física de las basuras de Palmor. 20

Tabla 2. Características física de las basuras de Palmor. 22

Tabla 3. Parámetros físicos - químicos del suelo de soporte del relleno sanitario de Palmor. 24

Tabla 4. Parámetros físico - químicos del agua de la quebrada Palmor. 25

Tabla 5. Proyecciones de la población de Palmor 38

Tabla 6. Proyección de población, desechos solidos y área requerida para el relleno sanitario de Palmor 55

Tabla 7. Cantidades de obra de la impermeabilización y replanteo del terreno de soporte del relleno sanitario de Palmor. 68

Tabla 8. Cantidades de obra para la construcción del dren de lixiviados del relleno sanitario de Palmor. 75

Tabla 9. Cantidades de obra para la construcción del pozo de monitoreo de lixiviados del relleno sanitario de Palmor. 76

Tabla 10. Cantidades de obra para la construcción de los desfogues del relleno sanitario de Palmor. 78

Tabla 11. Parámetros de diseño del muro de contención de gravedad. 79

Tabla 12. Cantidades de obra para la construcción del muro contención del relleno sanitario de Palmor. 80

Tabla 13. Cantidades de obra para la construcción del canal perimetral del relleno sanitario de Palmor. 83

Tabla 14. Cantidades de obra para la construcción del canal de media ladera del relleno sanitario de Palmor. 84

Tabla 15. Cantidades de obra para la ampliación de la cuneta. 85

Tabla 16. Cantidades de obra y especificaciones técnicas para la construcción de una alcantarilla tipo Box Colvert. 86

Tabla 17. Cantidades de obra para la construcción de la casa de herramientas 87

Tabla 18. Cantidades de obra para la construcción del camino de acceso al interior del relleno sanitario de Palmor. 88

Tabla 19. Cantidades de obra para la construcción de la plataforma de descargue de los desechos sólidos en el relleno sanitario de Palmor. 89

Tabla 20. Cantidades de obra para la construcción del tobogán del relleno sanitario de Palmor 90

Tabla 21. Cantidades de obra para la construcción del pozo de monitoreo de aguas subterráneas en el relleno sanitario de Palmor 91

Tabla 22. Cantidades de obra para la construcción de la cerca perimetral y portones de acceso al relleno sanitario de Palmor 92

Tabla 23. Cantidades de obra para la conformación de un cerco de arboles en el relleno sanitario de Palmor. 93

Tabla 24. Cantidades de obra para la construcción del camino de una valla informativa en el relleno sanitario de Palmor. 93

Tabla 25. Resumen de cantidades de obra en el relleno sanitario de Palmor 94

Tabla 26. Equipo manual para la operación del relleno sanitario de Palmor 109

Tabla 27. Cronograma de ejecución de las obras de la primera fase del relleno sanitario de Palmor 125

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación del municipio de Ciénaga en el departamento del Magdalena. 30

Figura 2. Ubicación del área de Palmor en el municipio de Ciénaga. 31

Figura 3. Localización de la cabecera del corregimiento de Palmor. 32

Figura 4. Esquema de la conformación de las celdas en el relleno sanitario tipo área. 57

Figura 5. Esquema de la conformación de las celdas en el relleno sanitario tipo rampa o pendiente. 57

Figura 6. Equipo para la operación en el relleno sanitario manual. 110

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Planimetría del terreno seleccionado 135

Anexo 2. Topografía del terreno. 136

Anexo 3. Acta de compromisos. 137

Anexo 4. Levantamiento vegetal del sitio. 138

Anexo 5. Estudio de suelos. 139

Anexo 6. Diseños constructivos. 140

Anexo 7. Areas de servicio del relleno sanitario de Palmor. 141

Anexo 8. Detalles constructivos. 142

Anexo 9. Esquema de la ruta de recolección de las basuras en Palmor. 143

Anexo 10. Análisis físico-químico y microbiológico del agua de la quebrada Palmor 144

INTRODUCCION

Las basurassonlos desechos y desperdicios producidos por las actividades del hombre y la naturaleza, y han sido clasificadas de acuerdo a su procedencia, condición o naturaleza y composición , CAR (1986)

La disposición final de las basuras es uno de los problemas que afrontan en la actualidad las poblaciones urbanas y rurales colombianas, entre ellas, el corregimiento de Palmor, ubicado en la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. En este sentido, se están poniendo en práctica posibles soluciones, que permitan deshacerse de los desechos sólidos en forma sanitaria, para que no se tornen en focos de contaminación, insalubridad, y de atracción y proliferación de insectos y animales perjudiciales para el hombre.

Dado que las basuras están estrechamente ligadas con la salud pública, por ser causa de malos olores, problemas estéticos, hábitats de insectos y roedores transmisores de enfermedades infectocontagiosas y peligrosas para la salud de las personas, se hace necesaria la implementación y búsqueda de soluciones a la adecuada disposición final de las basuras.

Una de esas alternativas de solución, son los rellenos sanitarios, los cuales han demostrado una alta eficiencia en los sitios donde se ha implementado CORPAMAG (1995), ya que evitan la convivencia entre el hombre, los animales y

las basuras, además de contribuir a la disminución de los niveles de contaminación ambiental.

El relleno sanitario manual es la mejor alternativa para eliminar las basuras en una comunidad rural de la Sierra Nevada de Santa Marta, dado que su manejo sanitario tiene gran importancia ambiental, social, de salud pública, económica, cultural y estética, entre otras.

El presente proyecto para el corregimiento de Palmor describe el diseño de un relleno sanitario manual; el cual una vez aprobado por las entidades auspiciadoras (CORPAMAG, Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta, Alcaldía de Ciénaga y la Junta de Acción Comunal de Palmor) entrara en un proceso de búsqueda de financiación a través de compromisos que aseguren su pronta ejecución

Los resultados obtenidos, producto del presente trabajo, se espera sirvan de base para otras poblaciones serranas que estén interesadas en manejar de una forma económica y eficiente las basuras.

ANTECEDENTES

En desarrollo del componente de saneamiento ambiental del proyecto de diagnóstico y manejo integral de la cuenca del Río Frío que adelanta la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), en el año 1994, se programó la construcción de un relleno sanitario manual (RSM) para el corregimiento de San Pedro de la Sierra. Para su ejecución, se realizó una concertación con la comunidad a través de su Junta de Acción Comunal y el Comité Departamental de Cafeteros del Magdalena, la cual se plasmó en un convenio entre estas tres entidades.

Dicho proyecto fue terminado en el mes de abril de 1995 y se inauguró el día 13 de mayo del mismo año, con la participación de las directivas de las instituciones antes mencionadas, las autoridades civiles y militares del municipio de Ciénaga, líderes comunales de las poblaciones circunvecinas y la comunidad en general.

Vistos los resultados operativos del relleno sanitario manual de San Pedro de la Sierra hasta la fecha CORPAMAG (1996), la Junta de Acción Comunal del Corregimiento de Palmor ha mostrado interés en desarrollar para su comunidad un proyecto análogo, para lo cual gestiono ante distintas entidades la ayuda necesaria para concretar esta iniciativa. En este orden de ideas se logro el interés y la participación de la Alcaldía de Ciénaga, la Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta y CORPAMAG. Los municipio de Marinilla, Medellín y el

distrito capital de Santafé de Bogotá, entre otros, son algunas de las poblaciones nacionales que están utilizando esta técnica de disposición final de basuras.

En el marco de los acuerdos preliminares, se dispuso la participación de los autores del presente trabajo para adelantar los estudios correspondientes al diseño del Relleno Sanitario Manual de Palmor.

OBJETIVOS

General

- Diseñar el relleno sanitario manual para el corregimiento de Palmor, como una alternativa de mitigación de la contaminación producida por los desecho sólidos.

Específicos

- Diseñar las obras principales y complementarias para la construcción y operación del relleno sanitario de Palmor evaluando las cantidades de obras y los recursos necesarios para su operación.

- Evaluar la producción actual de desechos sólidos

- Determinar la composición y la densidad de los desechos sólidos.

- Determinar la vida útil del sitio seleccionado para el relleno sanitario, así como la disponibilidad del material de cobertura.

- Señalar los posibles impactos ambientales resultantes de la construcción y operación del relleno sanitario.

- Proponer la estructura administrativa mas adecuada a las circunstancias propias de la localidad, para la prestación de un eficiente servicio de aseo.

- Presentar un diagnóstico de la situación actual del servicio de aseo en la localidad, en sus aspectos de producción de basuras, almacenamiento, recolección, barrido y limpieza de vías y áreas públicas, reciclaje y disposición final.

- Proponer un modelo de organización administrativa para el servicio de aseo.

JUSTIFICACION

Debido al deterioro de las condiciones ambientales que presentan algunas de las comunidades que habitan en la Sierra Nevada de Santa Marta CORPAMAG (1992), se hace necesaria la implementación de tecnologías apropiadas que contribuyan a disminuir los niveles de deterioro de estas comunidades.

Justifican el proyecto propuesto:

- La necesidad de disponer de la mejor manera los desechos producidos por los habitantes de la cabecera corregimental de Palmor con el fin de disminuir los niveles de contaminación de las corrientes de aguas, CORPAMAG (***op cit***), toda vez que actualmente las basuras vienen siendo arrojadas en botaderos a cielo abierto e inclusive en quebradas que recorren la población.

- Contribuir con el mejoramiento de las condiciones ambientales actuales y colaborar con la conservación de sus recursos naturales del corregimiento.

- Apoyar y aportar posibles soluciones a la concreción de inquietudes planteadas por la comunidad que apuntan a una mejoría de la calidad de vida de sus habitantes y de las poblaciones situadas en el piedemonte y cuenca baja del río Sevilla.

Además de lo anterior, el proyecto constituye el trabajo de grado para que los autores opten al titulo de ***Especialistas en Ciencias Ambientales***, de acuerdo a los lineamientos del estudio de posgrado ofrecidos por la Universidad del Magdalena.

1. METODOLOGIA

La elaboración del diseño del RSM en el corregimiento de Palmor, se realizó en dos fases; en la primera o de campo, se llevaron a cabo los respectivos muestreos metodológicos, para entre otras cosas, caracterizar en cantidad y calidad los desechos sólidos y en la segunda se procedió al procesamiento de la información acopiada.

PRIMERA FASE

Inicialmente para realizar el trabajo de campo, fue necesario introducir a nivel de la comunidad algunos conceptos básicos referentes al tema e invitarlos a participar en las diferentes actividades programadas, para lo cual se dictaron 3 charlas.

Para la caracterización de las basuras producidas en Palmor, se asumió la totalidad de la población como un conglomerado homogéneo, dado que no existe una estratificación por sectores en el pueblo. Para la clasificación física se establecieron las siguientes categorías:

Cauchos: Corresponde a los materiales extraídos del látex vegetal y sus polímeros industriales (botas, suelas y neumáticos, entre otros)

Desechos orgánicos: Comprende materiales de origen animal y vegetal (residuos de alimentos, maderas, hojas, vísceras, etc.)

Metales: Corresponde a todo tipo de elemento metálico y sus aleaciones (chatarra,y latas).

Papel y cartón: Material elaborado a partir de maderas.

Plásticos: Comprende los polímeros del carbono tales como el polietileno, nylon, poliestireno y PVC entre otros. (Empaques, embalajes, mangueras, etc.)

Trapos y telas: Comprende tejidos elaborados con fibras naturales y sintéticas (algodón, rayón, lycra, lino, entre otros.

Vidrios: Silicatos cristalizados (envases y cubiertas)

En la matriz de la tabla 1 se observan las categorías anteriormente descritas y los resultados de esta separación se observan en la Tabla 2.

Para determinar la composición física de las basuras de Palmor, fue necesario seleccionar de manera aleatoria una muestra de 50 Kg, en cada uno de los muestreos realizados en el camión recolector de las basuras antes de ser vaciado en el lugar destinado para su disposición final. Las muestras fueron separadas de acuerdo con las categorías establecidas para su clasificación y pesadas una a una para determinar su porcentaje de participación.

Tabla 1 Matriz para clasificación física de las basuras.

Tipo de Desecho	Muestreo No		Muestreo No	
	Kg	%	Kg	%
Cauchos				
Desechos orgánicos				
Metales (Chatarra)				
Papel y Cartón				
Plásticos				
Trapos y telas				
Vidrios				
TOTAL				

Modificado de CORPAMAG;1994

Dentro de la categoría de desechos orgánicos fueron incluidos los componentes de: tierra, cenizas, escorias, huesos y maderas por encontrarse con valores por debajo de 0.5 Kg. en cada uno de los muestreos realizados; es decir, no presentaron valores significativos.

En cuanto a los métodos y tiempos de recolección y vaciado de las pruebas preliminares fueron calculados siguiendo el recorrido normal que realiza el camión recolector de las basuras, midiendo para cada caso, el tiempo tardado durante toda la operación.

Tabla 2 Caracterización física de las basuras de Palmor

Tipo de Desecho	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Muestreo 5		Promedio	
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Cauchos			0,5	1			0.5	1	1	1	0,4	0,8
Desechos Orgánicos	39	78	4,5	83	36	72	37	74	37	74	38,1	76,2
Metales Chatarra	0,5	1			2,5	5	2,5	5	3	6	1,7	3,4
Papel y Cartón	7,5	1,5	2,5	5	5	10	4	8	3,5	7	4,5	9
Plásticos	1,5	3	2,5	5	3	6	2,5	5	3	6	2,5	5
Trapos o Telas			1	2	1	2	1,2	3			0,7	1,4
Vidrios	1,5	3	2	4	2,5	5	2	4	2,5	5	2,1	4,2
TOTAL	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100

Fuente : Los autores.

La determinación de la ruta de recolección de las basuras a recomendar en el presente diseño, se realizó con la ayuda de un plano de Palmor, siguiendo el recorrido actual del camión recolector de las basuras por las calles del pueblo, para luego por comparación con otras rutas escoger la de mayor cubrimiento del servicio de aseo . El volumen total de las basuras recogidas en cada viaje se cubicó, para lo cual, se tomaron las dimensiones de alto, ancho y largo del vagón del camión recolector actual.

En el siguiente paso, se identificó el sitio, sobre el cual se desarrollo el presente diseño, y sus alrededores; mediante inspección ocular y en atención a lo dispuesto en la Ley 09 del 24 de enero de 1979.

La valoración del sitio consistió principalmente en observar las condiciones topográficas, las características del suelo, el nivel freático del mismo, la dirección de los vientos dominantes, facilidades de acceso, localización de aguas subterráneas y la distancia que ha de recorrerse para llegar a él.

Se calculó el área útil del terreno, definida como la comprendida entre las cotas 955 y 970, por le método de descomposición poligonal en el plano topográfico. El calculo de las áreas entre curvas de nivel se determinó por el método de malla de punto a partir de estos datos se calculó el volumen útil de la primera fase del relleno utilizando para ello, la formula propuesta por Jaramillo y Pino (1988) en la ponencia sobre "El Relleno Sanitario *El Chágualo*".

Finalmente el área descrita para cada curva de nivel se determinó utilizando una malla de punto y a partir de esta información calcular el volumen entre dos curvas consecutivas.

Las muestras de suelo, se tomaron, una en la parte central del limite inferior del lote destinado para el relleno sanitario y otra a la mitad de la ladera que desciende de la carretera que comunica a Palmor con la Troncal de Oriente. Los parámetros medidos se muestran en la Tabla 3.

La muestra de agua se recogió de la quebrada Palmor en un frasco transparente y refrigerada inmediatamente hasta trasladarla, en un termo con hielo casero, a Santa Marta donde se le determinaron los parámetros de la Tabla 4, de acuerdo con los procedimientos definidos en el Standar Methods. La quebrada Palmor esta separada, aguas abajo, del sitio de ubicación del relleno sanitario a 1,5 Km aproximadamente,

Tabla 3 Parámetros físico-químicos del suelo de soporte del relleno sanitario de Palmor

Parámetro	Unidad
Ca	meq / 100g
C.E.	mmhos / cm
C.I.C.	meq / 100g
Cu	ppm
Fe	ppm
K	meq /100g
Mg	meq / 100g
M.O	%
Mn	ppm
N. Total	%
Na	meq / 100g
P(Bray II)	ppm
pH	
P.S.I.	
Textura	
Zn	ppm

Tabla 4 Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua de la quebrada Palmor

Parámetro	Unidad
Ca	mg / L
Coliformes fecales	NMP / 100 ml
Coliformes totales	NMP / 100 ml
Conductividad Eléctrica	micro siemens / cm
Cu	mg / L
Dureza Total	mg / litro ($CaCo_3$)
Fe	mg / L
Mg	meq / 100g
Oxígeno Disuelto	mg / litro
Pb	mg / L
pH	
Sólidos Disueltos	mg / litro
Sólidos Suspendidos	mg / litro
Sólidos Totales	mg / litro
Turbidez	UNF
Zn	ppm

Tanto las muestras de suelo como la de agua fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad del Magdalena.

SEGUNDA FASE

La segunda fase o de gabinete consistió en el procesamiento de los datos obtenidos en los diferentes muestreos y el análisis de la información básica recopilada para poder desarrollar los diseños arquitectónicos, cálculos estructurales y detalles constructivos del Relleno Sanitario Manual.

Dentro de esta misma fase, se efectuaron las proyecciones del crecimiento de la población, con base en el modelo matemático de tipo geométrico, que asume una tasa de crecimiento poblacional constante y se resume en la siguiente ecuación:

$Pf = Po\ (1 + r)^n$

Donde:

Pf = Población futura.

Po = Población actual.

1 = Constante.

r = Rata de crecimiento anual.

n = Intervalo de tiempo, en años.

Fuente: GOBERNACION DE ANTIOQUIA; 1988

Por otro lado, los cálculos de proyección de la producción total de desechos se realizaron basados en la producción percapita (ppc), la cual se determina a través de la ecuación:

$$ppc = \frac{\text{Peso global de la basura recolectada en una semana}}{\text{Población área urbana X 7 días X cobertura del servicio (\%)}}$$

Fuente: GOBERNACION DE ANTIOQUIA; 1988

De acuerdo con la literatura especializada y las recomendaciones de otros autores, asumimos para el presente trabajo, una tasa de crecimiento anual de la producción de desechos en la comunidad de Palmor igual al 1% y con base en este valor realizar la proyección de la producción de los desechos.

De igual forma, se asume para efectos del diseño de las celdas una densidad de 400 Kg/m^3 por ser un valor fácilmente alcanzable en la compresión de las basuras por el método manual.

Finalmente, para llenar la matriz correspondiente a las proyecciones de la población, desechos sólidos y el área requerida para el relleno sanitario manual de la cabecera corregimental de Palmor se utilizaron las ecuaciones generales propuestas en la guía para el diseño de rellenos sanitarios de la Gobernación de Antioquia .

2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LOCALIDAD

La población de Palmor, como la mayoría de los pueblos de la cara norte y occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, esta conformado por colonias de Antioqueños, Tolimenses, Cundiboyacenses, Santandereanos, Caldenses y en menor proporción costeños que se distinguen por ser cordiales, alegres, trabajadores e introvertidos, Palmor es una región cafetera que presenta en la actualidad un alto nivel de participación comunitaria frente a los problemas que la aquejan.

Palmor, posee en su haber un puesto de salud de regular dotación, con la presencia permanente de un medico, un auxiliar y un promotor de salud; también cuenta con los servicios públicos de acueducto y electrificación, básicos en cualquier asentamiento, lo que muestra a Palmor como una de las poblaciones más importantes de la Sierra Nevada, en el sector correspondiente al departamento del Magdalena.

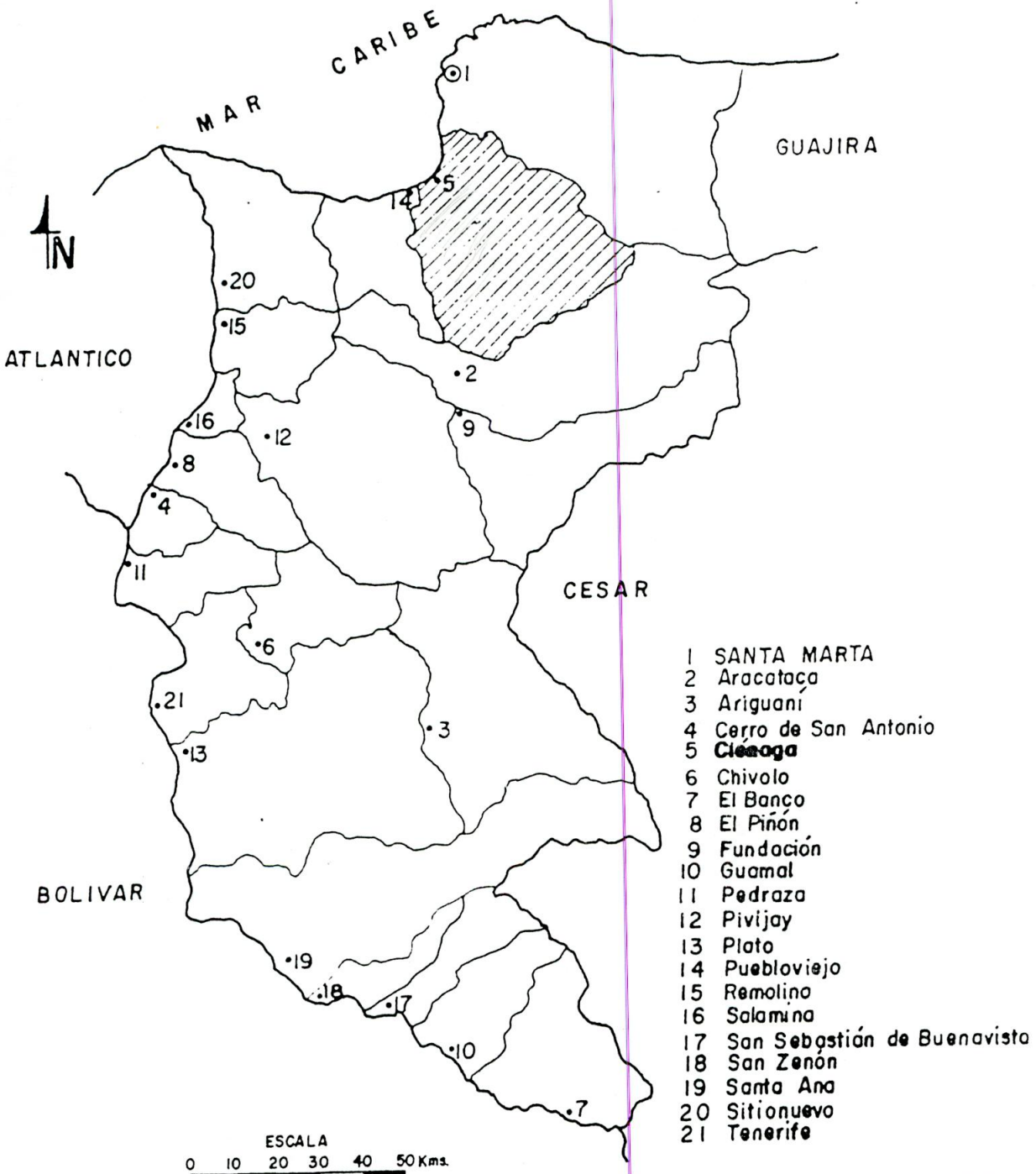
La presencia de una oficina de Telecom con tres cabinas telefónicas contribuye con el crecimiento del pueblo y en especial con el servicio de comunicaciones del corregimiento, y más con su núcleo principal, dado que la comunicación con otras poblaciones no solo se efectúa por vía terrestre sino también por vía telefónica.

Lo anterior muestra a Palmor como una población con unas características especiales, donde es posible encontrar una diversidad de culturas, producto de las distintas regiones de procedencia de sus habitantes y un alto grado de "desarrollo" patentizado en los servicios públicos con que cuenta actualmente esta comunidad.

2.1 LOCALIZACION Y EXTENSION

La cabecera del corregimiento de Palmor se encuentra localizada aproximadamente a 950 msnm. entre las coordenadas geográficas X = 1'006.131 y Y = 1'682,715 de origen Bogotá (Fuente: SIG, FPSNSM); pertenece al municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena, en la vertiente occidental del macizo Sierra Nevada de Santa Marta; ver figura 1, 2 y 3.

El área de extensión del corregimiento es de 581,75 Km^2 , que representan el 32.5 % del total del área del municipio, como se ilustra en la Figura 2; limita al norte con el municipio de San Pedro de la Sierra; por el oriente, con el limite del P.N.N. Sierra Nevada de Santa Marta hasta el cruce con el río Tucurinca; por el sur con el municipio de Aracataca, bordeando el río Tucurinca y por el occidente con la vía troncal de Oriente (ver Figura 3).

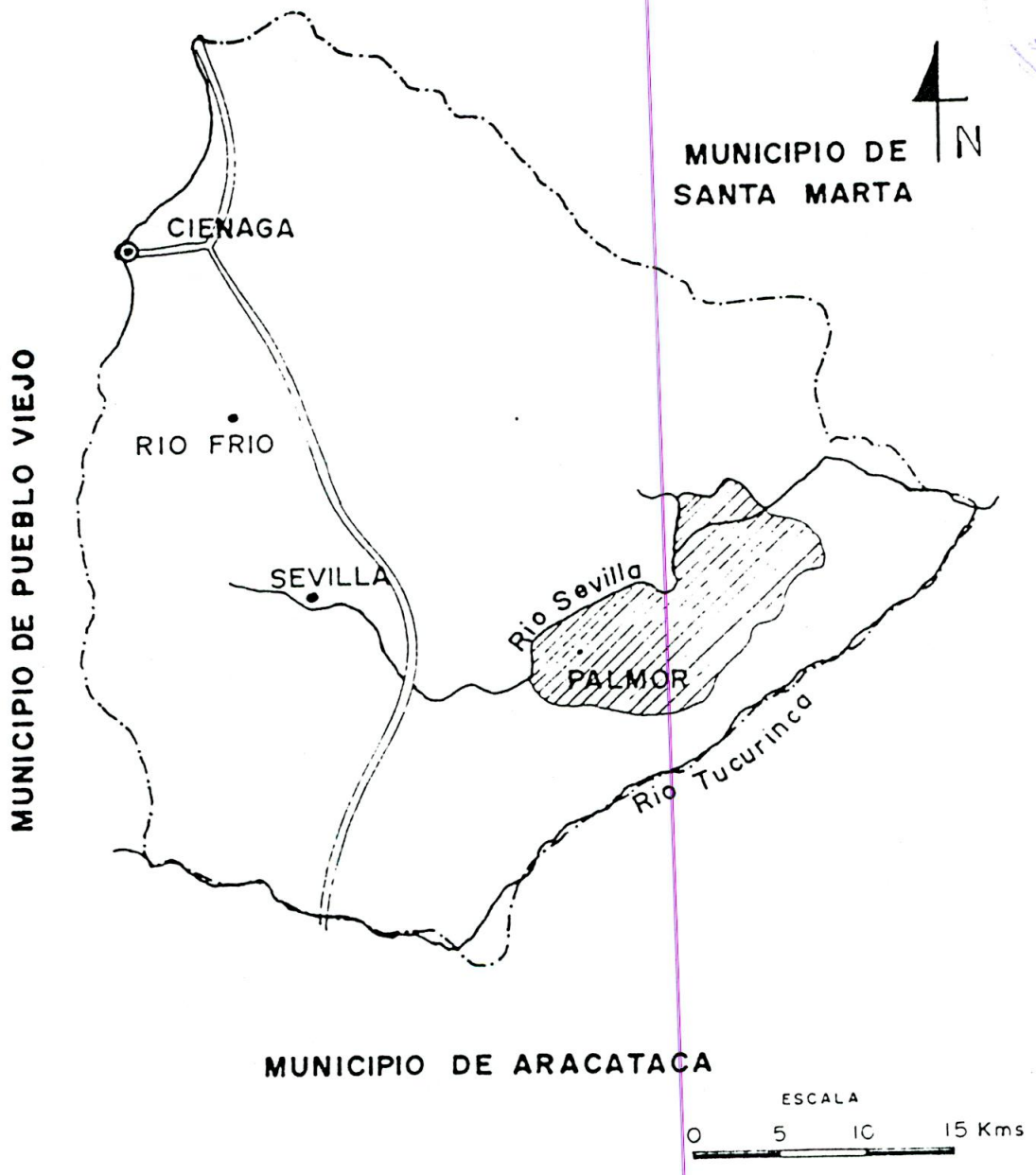


FUENTE = IGAG

Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta	
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA	
Fecha	Revisó
Marzo 31 de 1996	J. E. Pereira G.

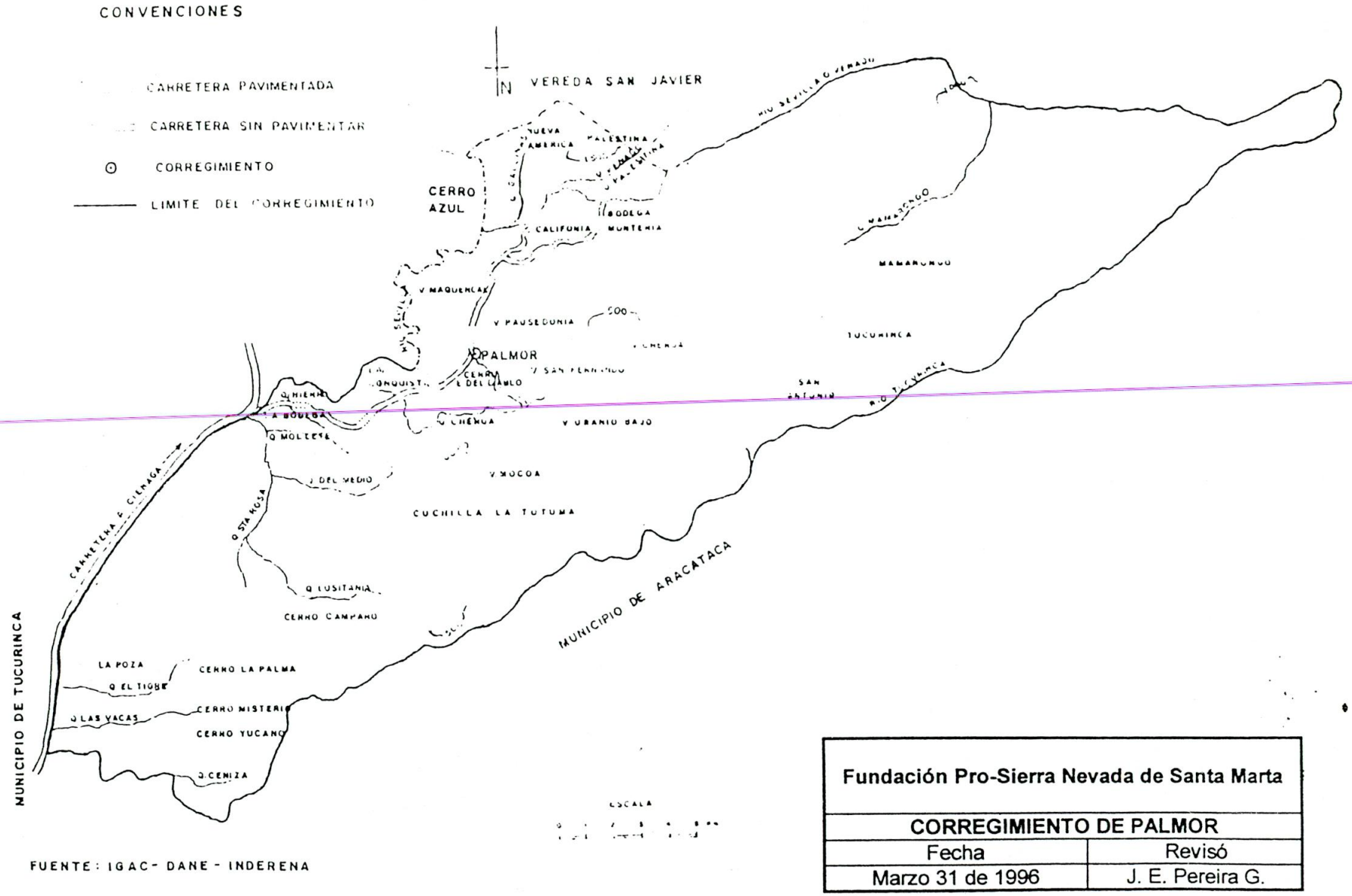
FIGURA 1 Ubicación del Municipio de Cienaga en el Departamento del Magdalena.

Universidad del Magdalena
Biblioteca
Santa Marta Col.



Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta	
MUNICIPIO DE CIENAGA	
Fecha	Revisó
Marzo 31 de 1996	J. E. Pereira G.

FIGURA 2 Ubicación del área de Palmor en el Municipio de Cienaga.



Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta	
CORREGIMIENTO DE PALMOR	
Fecha	Revisó
Marzo 31 de 1996	J. E. Pereira G.

FIGURA 3 Localización de la cabecera del corregimiento de Palmor.

Política y administrativamente el corregimiento de Palmor depende del municipio de Ciénaga; esta compuesto por la cabecera corregimental y 20 veredas. El área ocupada por el núcleo corregimental es de aproximadamente 300 ha. Fernández de Castro y Oñate (1996).

Las veredas del corregimiento son las siguientes: Aguasvivas, Cherua, Cuatro Caminos, El Pozón, El Vergel, La Libertad, La paz, Mamarongo, Maquencal, Mocoa, Mocoita, Nueva América, Palestina, Pausedonia, Pausedonia Alto, San Fernando, Uranio Alto, Uranio Bajo y Uranio 3.

2.2 ASPECTO HISTORICO

El nombre del corregimiento de Palmor se debe a que en el pasado, el área que hoy ocupa estuvo poblada por palmas de makenke, es decir, Palmor proviene de la palabra palma.

La cuenca donde esta enclavado el corregimiento de Palmor, estuvo inicialmente habitada por indígenas del grupo de los Arhuacos; la Indígena María Eugenia, quien era la propietaria de estas tierras, vendió a la familia González el predio que actualmente es Palmor a mediados de los años 50. En los años 60 continuo la colonización de la región por familias provenientes del interior del país y especialmente de los departamentos de Antioquía, Caldas y Santander, entre otros.

El caserío de Palmor fue fundado el 24 de Junio de 1969; y elevado a la categoría de corregimiento por el Concejo de Ciénaga según el acuerdo No 14 del 23 de Abril de 1973.(PESENCA :1989)

2.3 ASPECTOS FISICOS

2.3.1 Climatología. De acuerdo con los datos obtenidos de la estación climatológica de Palmor y consignados en IGAC (1993), la precipitación media anual es de aproximadamente 2597 mm, presentándose los valores más altos en los meses de mayo a noviembre con una temperatura media anual de 25 º C, IGAC (***op cit.***).

En cuanto a la climatología, Palmor , presenta un régimen subecuatorial, característico para esa región de la Sierra, es decir, presenta dos épocas con máximas lluvias, mayo y octubre, siendo mayor esta ultima; alternados con dos periodos secos; en esta zona se presenta déficit de agua durante los cuatro primeros meses del año, Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta (1996)

2.3.2 Hidrografía. La red hidrografía del corregimiento esta conformada principalmente por los ríos Sevilla y Tucurinca, que a su vez le sirven de limite, PESENCA (1989).

Un conjunto de quebradas que nacen en este territorio, hacen parte de la hidrografía del corregimiento; siendo las más importantes la quebrada Palmor, la cual en su recorrido atraviesa casi todo el territorio del núcleo principal; la quebrada Palestina; la quebrada California y la quebrada Maquencal que identifican las veredas de su mismo nombre.

2.3.3 Geomorfología y suelos. De acuerdo con la ubicación altitudinal del corregimiento, este se caracteriza por presentar un relieve quebrado; en partes abrupto; el paisaje es montañoso, cubriendo alturas entre los 100 y 4000 msnm, típico de las partes montañosas de la Sierra, encontrándose en él, pendientes que van de moderadas a fuertes; laderas escarpadas y profundos valles.

Del corregimiento de Palmor, hacen parte: la serranía de Donanchucua, la cuchilla Casaguaringaca que presentan alturas superiores a los 3000 msnm; El Cerro Nueva América con 2000 msnm; el Cerro Espinazo del diablo, 1500 msnm y la Cuchilla la Totuma, 1000 msnm, PESENCA (***op cit.***).

De otro lado, las formaciones geológicas del corregimiento presentan edades que van, como en toda la sierra, desde el periodo precambrico hasta el periodo cuaternario y diversas fases con sus respectivos conjuntos de características litológicas y paleontológicas; es entonces, muy posible encontrar rocas ígneas representadas por dioritas de origen magmático y constituida por partículas de materiales como el feldespato, micas y cuarzos, entre otros.

Los suelos correspondientes al corregimiento, son en su mayoría de la clase VII, que como se sabe tiene un uso limitado, es decir, sirven especialmente para bosques y en algunos sitios para pastos, son quebrados pedregosos en parte, susceptibles a erosión severa. Otra clase de suelo encontrada, en menor proporción, en el corregimiento es la clase VIII; suelos no aptos para la agricultura y la ganadería. La presencia de estas dos clases de suelos en el territorio de Palmor los hace no aptos para cultivos limpios, PESENCA (***op cit.***).

2.4 VEGETACION

Las condiciones climáticas, edificas, topográficas y la ubicación altitudinal, entre otras, enmarcan a Palmor dentro del **zonobioma húmedo ecuatorial** Hernandez-Camacho y Sánchez (1992) que corresponde a la selva húmeda del piso cálido desde los 0 y los 1.000-1.300 metros sobre el nivel del mar. La presencia o retiro del agua durante el año condiciona que el bosque húmedo sea higrofítico o subhigrofítico. Son características las especies de plantas perennes entre las que son dominantes: ***Eugenia procera***, ***Tectaria incisa***, ***Guarea guidonia***, ***Ficus insípida***, ***Rollinia sp.***, entre otras.

2.5 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

2.5.1 Acceso a la comunidad, transporte y comunicaciones

A Palmor se llega después de recorrer 60 Km desde Santa Marta hasta el punto denominado la Bodega, a la altura del puente de río Sevilla sobre la carretera Troncal de Oriente; y 21 Km en ascenso por terreno destapado, desde este punto hasta la cabecera corregimental. Otra forma de llegar al poblado, es partiendo desde Ciénaga en camperos (Toyota y Nissan). La salida de estos vehículos, es regulada por una cooperativa regional de transporte. además del anterior carreteable, existen otros que comunican al núcleo principal del corregimiento con algunas veredas de sus jurisdicción.

En términos generales, se puede afirmar que el servicio de transporte hacia la comunidad es bueno, considerando otros lugares de la Sierra en el departamento del Magdalena, dada la periodicidad de salida de los vehículos y del estado en que se encuentran estos mismos. Con respecto al carreteable La Bodega-Palmor, este presenta dos estados: bueno en época seca y regular en periodo lluvioso.

2.5.2 Aspectos demográficos

Debido a dificultades de tipo político, no fue posible obtener los datos arrojados el por el ultimo censo realizado en el país (1994), para la población de Palmor. De tal manera que por ser Palmor una población de similares características a la de San Pedro de la Sierra y basados en la información existente en CORPAMAG sobre el número de habitantes de esta ultima población y según estimativos de los autores, se calcula la población de la cabecera corregimental de Palmor en aproximadamente unos 1800 habitantes distribuidas en 212 casas (Fuentes: Electropalmor y Ecos de la Sierra).

También se adopta para el núcleo corregimental la misma taza de crecimiento poblacional anual de San Pedro de la Sierra, es decir, el 2,3 % (Fuente: CORPAMAG)

2.5.3 Proyección de la población

Para conocer el volumen de desechos a disponer en un Relleno Sanitario durante su vida útil, es necesario proyectar cual será el número aproximado de habitantes que alcanzara el poblado durante ese tiempo.

Suponiendo un crecimiento de tipo geométrico para la población de Palmor, sin contar con factores externos que lleguen a alterarlo y tomando como base la

población de 1800 habitantes y un índice de crecimiento del 2,3% anual, para la cabecera corregimental se presenta en la tabla 5 que muestra la proyección de la población para los próximos 10 años.

Tabla 5. Proyecciones de la población de Palmor.

Año	Población
1996	1800
1997	1841
1998	1884
1999	1927
2000	1971
2001	2016
2002	2063
2003	2110
2004	2159
2005	2209
2006	2259

Los cálculos de la población para cada año, se obtuvieron a partir de la ecuación: $Pf = Po\ (1 + r)^n$. (GOBERNACION DE ANTIOQUIA; 1988)

2.5.4 Actividad económica

La agricultura constituye la actividad económica de mayor importancia dentro de la economía del corregimiento de Palmor; siendo los cultivos comerciales los de mayor importancia y dentro de estos, el café es el principal producto. Luego le siguen los cultivos de lulo, tomate de árbol y mora, entre otros. Otro renglón económico importante es el comercio; que en el poblado presenta un alto grado

de organización dada la cantidad significativa de locales comerciales existentes en el núcleo corregimental. Finalmente, la ganadería extensiva, la explotación maderera y la minería son otros renglones menos importantes en la economía del corregimiento pero con especial relevancia en el aspecto ambiental de la región.

2.5.5 Condiciones sanitarias existentes

La inadecuada disposición de las basuras, la falta de un sistema de tratamiento de las aguas para consumo y el mal manejo de las aguas residuales y excretas, dejan entrever que las condiciones sanitarias actuales en Palmor, son regulares.

A continuación se presenta un análisis de cada uno de los factores que contribuyen con las deficientes condiciones sanitarias de Palmor.

La población cuenta con un acueducto sin sistema de tratamiento del agua de consumo y tiene un cubrimiento de aproximadamente el 90 % de la población, es decir, el agua es distribuida a la comunidad y en muchos casos consumida sin que se le realice un mínimo tratamiento de potabilización.

La carencia de un sistema de alcantarillado en la comunidad ocasiona que las aguas residuales y las excretas sean vertidas directamente a la quebrada, contribuyendo con esto al aumento de la contaminación de la fuente principal de abastecimiento de agua de la cabecera corregimental.

En cuanto a las basuras, Palmor cuenta con servicio de recolección y con un botadero a cielo abierto en las afueras del poblado, contribuyendo con esto, a que el núcleo principal del corregimiento presente unas condiciones sanitarias inadecuadas. La producción percapita encontrada para la población es de 0,381 Kg/hab-día.

2.5.6 Estructura institucional y administrativa

En la cabecera del corregimiento de Palmor funciona una serie de agrupaciones u organizaciones, de las cuales algunas cuentan con personería jurídica y cuyos fines son trabajar por el progreso y crecimiento del poblado; actualmente se encuentran funcionando las siguientes agrupaciones, que en orden de importancia son:

La Junta Administradora Local (JAL), encargada de gestionar y canalizar las inquietudes de la comunidad en general a través de proyectos con los organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que en su radio de acción incluyen el corregimiento.

Junta de Acción Comunal, la más conocida de las entidades que funcionan en Palmor; es junto a la JAL la encargada de gestionar con otras entidades obras de interés para la comunidad.

Acuapalmor, Electropalmor, la Botica comunal, la tienda comunal, el Comité de Aseo y la Junta Procarretera son otras de las organizaciones existentes en Palmor y que como sus nombres lo indican, velan por la parte económica y el buen funcionamiento de las entidades que representan, es decir, el acueducto, la electrificación, la farmacia comunal, aprovisionamiento de víveres, entre otras.

Además de las anteriores agrupaciones, en Palmor funciona una inspección de policía, una base militar; una organización femenina, llamado Mujeres en Acción; un grupo ecológico y una asociación de padres de familia.

3. SITUACION ACTUAL DEL SERVICIO DE ASEO EN LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE PALMOR

A continuación se describe el estado actual del servicio de aseo en el núcleo principal del corregimiento de Palmor, así como también, cual ha sido el comportamiento de la población local frente a este problema sanitario.

3.1 SERVICIO DE RECOLECCION

En Palmor, existe un incipiente sistema de recolección de los desechos sólidos producidos en su cabecera corregimental que es manejado por el comité Aseo Palmor.

Este servicio, próximo a cumplir un año de estar en funcionamiento, tiene un cubrimiento del 90 % de la población; actualmente es realizado en un camión de marca Ford 600, que tiene un vagón de 6 m de largo, 2,4 m de ancho y 0,6 m de alto para una capacidad máxima de 8,64 m^3.

3.2. ALMACENAMIENTO DOMICILIAR

Para almacenar los desechos sólidos en Palmor, la comunidad utiliza cualquier tipo de recipientes, es decir, son usadas cajas de cartón, valdes plásticos, sacos de fique y fibra plástica, recipientes metálicos y de madera y bolsas plásticas ; siendo estas últimas las utilizadas en mayor proporción por los habitantes del poblado.

3.3 TARIFA DEL SERVICIO DE RECOLECCION DE LAS BASURAS

La tarifa mensual aplicada al servicio de recolección de las basuras en Palmor, tiene un costo de $1,300.oo para el sector residencial y de $2,000.oo para el comercial.

Los dineros provenientes de esta tarifa, de la cual un 10 % de la comunidad no la cancela, son invertidos en su totalidad para la cancelación del alquiler del vehículo en el que se realiza la recolección de las basuras ($250,000.oo mensuales); lo cual repercute en las arcas del comité encargado de su manejo y en la prestación del servicio.

3.4 FRECUENCIA DE RECOLECCION ACTUAL

El sistema de recolección de las basuras en la cabecera del corregimiento de Palmor, es prestado los días martes y sábados, con un volumen mayor de las basuras este ultimo día.

El tiempo tardado por el vehículo recolector de basuras, en su recorrido por las calles del poblado, es de aproximadamente 2 horas y el tiempo en ser vaciado este mismo vehículo, en el sitio destinado para su disposición final es de 0,5 horas.

3.5 DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

La disposición final de las basuras producidas en Palmor, inicialmente se venia realizando en la quebrada que atraviesa la población; un tiempo después y a raíz de una campaña de descontaminación de la quebrada, se comenzó a implementar la técnica de botadero a cielo abierto, utilizando para ello, distintos lugares de la población ya sean dentro o fuera de su perímetro urbano.

La comunidad, también utiliza en menor proporción las técnicas de incineración y enterramiento de las basuras con el fin de deshacerse de este problema.
En general, el estado actual del servicio de aseo en Palmor es aceptable, frente a otras poblaciones similares y que no cuentan con este servicio. Vale decir, que el

botadero actual es el tercer sitio seleccionado para tal fin, que aunque no cumple con los requisitos mínimos para ello, muestran el interés de la comunidad por manejar de mejor forma las basuras producidas en el poblado.

4. SISTEMAS MAS UTILIZADOS PARA LA DISPOSICION FINAL DE LAS BASURAS

Normalmente la operación final de la manipulación de la basura es su eliminación. Para llegar a la eliminación de las basuras, se siguen una serie de pasos que entre otras cosas buscan hacerle perder sus cualidades nocivas para las poblaciones humanas y su entorno.

El destino final de las basuras, en la mayoría de las poblaciones colombianas, es quizás el aspecto más descuidado de todo el sistema de tratamiento de ella, es decir, se cuenta con un aceptable servicio de recolección y almacenamiento pero la disposición final no cumple con los requisitos sanitarios mínimos.

En este sentido, ciudades como Santa Marta, Valledupar, Barranquilla y Cartagena, entre otras, y solo por citar las más importantes de la costa norte de Colombia, poseen buenos sistemas de recolección de las basuras pero carecen de un sistema de eliminación adecuado reflejándose esto en poblaciones menores tales como Ciénaga, Fundación y Palmor.

Las técnicas más comunes para la eliminación de las basuras, utilizadas por las comunidades urbanas y rurales son las siguientes :

Los botaderos a cielo abierto.

Los rellenos sanitarios.

La incineración.

El Reciclaje.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de estos métodos y su posible utilización en nuestra área de estudio.

4.1 BOTADEROS A CIELO ABIERTO

Es la técnica de eliminación de desechos sólidos más usada por las comunidades rurales y urbanas de Latinoamérica, además de ser la primera solución dada por el hombre a este problema, debido al bajo costo y la poca planificación que requieren MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DE CUBA (1974).

El botadero a cielo abierto, consiste en arrojar las basuras en cercanías de la población, generalmente a orillas de los caminos o carreteras EPAM (1991). Esta forma de eliminar las basuras, proporciona medios favorables para el desarrollo de insectos y roedores transmisores de enfermedades, además del mal aspecto ocasionado sobre el paisaje.

Desde el punto de vista técnico, esta manera de disponer los residuos sólidos, no es apropiada, ni recomendada, debido a que los desechos son depositados con poca o ninguna técnica ni control y sin tener en cuenta el grave problema de

contaminación ambiental ocasionado a un lugar, GOBERNACION DEL MAGDALENA ***et al***. (1994).

En Palmor, este método que actualmente es utilizado, no es aconsejable por las razones anteriormente expuestas y por las condiciones topográficas del mismo, caracterizadas por fuertes pendientes; lo cual hace que las basuras sean arrastradas hasta el cauce de alguna corriente superficial existente en sus inmediaciones.

4.2 RELLENOS SANITARIOS

Es un método efectivo y altamente probado para la eliminación definitiva de las basuras, y que se puede efectuar tanto con las comunidades urbanas como rurales. En Colombia, su practica data de principios de los años 80 y en el departamento del Magdalena, a principio de los 90 y para la Sierra a mediados de los años 90.

Este sistema, básicamente consta de 4 pasos a saber: 1. Depositar la basura de manera planeada y controlada; 2. Esparcirla y apisonarla en capas delgadas para reducir su volumen; 3. Cubrir el material depositado con capas de tierra y 4. Apisonar la cubierta de tierra, MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DE CUBA (1974).

Los Rellenos Sanitarios, también son definidos como obras de ingeniería que se desarrollan en áreas determinadas, con el fin de recuperar terrenos y disponer de la mejor manera los desechos sólidos producidos por una comunidad urbana, Espinosa y Molina (1992).

Otra definición aplicada a los rellenos Sanitarios, tiene que ver con su funcionamiento y la cantidad de habitantes beneficiados por esta técnica. En este sentido, para poblaciones menores de 40,000 habitantes, se habla de Rellenos Sanitarios Manuales.

El Relleno Sanitario Manual, es definido por el DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DE LA GOBERNACION DE ANTIOQUIA (1988), como una alternativa técnica y económica para las poblaciones menores de 40,000 habitantes, dado que bajo su operación manual solo se requiere equipo pesado, en algunos casos, en la adecuación del sitio, la construcción de vías internas y en la excavación del material de cobertura.

En otras palabras, los RSM, son rellenos sanitarios diseñados y construidos para ser operados, en su mayor parte, manualmente y con una capacidad máxima de disposición de las basuras en cantidades aproximadas a las 10 toneladas diarias. Lo anterior permite deducir que este sistema; por lo económico que resulta, la función ambiental realizada y la utilización de mano de obra de la región, es el más conveniente para las poblaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta y para el caso que nos ocupa, la comunidad de Palmor.

4.3 INCINERACION

Es otro medio de eliminación sanitaria de las basuras y significa quemar hasta convertir en cenizas, todas las porciones combustibles de la basura producida por la comunidades MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DE CUBA (1974). Este sistema, dependiendo del volumen de basura a quemar, utiliza hornos especiales o construcciones rudimentarias de ladrillo y cemento.

El incinerar los desechos sólidos tiene varias ventajas, como son: mata organismos transmisores de enfermedades, reduce en un 60 % el volumen de los desechos que van a los rellenos, reduce la necesidad de espacios de relleno, no necesita cambios en los hábitos de desecho entre los consumidores, fabricantes o transportadores de basuras y finalmente produce energía, MILLER, JR (1994).

Si bien es cierto, que por este método se reducen las basuras, también es cierto que presenta algunos inconvenientes de tipo ambiental y socieconómicos, es decir, emisión de gases contaminantes a la atmósfera; producir cenizas tóxicas; generar muy pocas fuentes de trabajo a largo plazo; construcción, operación y mantenimiento costoso; Además de incentivar a las comunidades a continuar arrojando papeles, plásticos y otros materiales susceptibles de ser quemados, en vez de buscar maneras de conservar, reciclar, reusar y reducir la producción de desechos, MILLER (***op cit.***).

Como puede verse, esta técnica de eliminación de las basuras, no es aplicable a poblaciones como Palmor; por un lado porque tienen una baja capacidad económica que no les permite su construcción y mucho menos su mantenimiento

y por otro lado el costo ambiental y energético de su funcionamiento seria muy alto y en ese sentido tendrían que ser utilizados los recursos boscosos de la región, contribuyendo con esto a la deforestación del macizo y demás implicaciones consabidas.

4.4 RECICLAJE

Es el procedimiento por el cual se recuperan, reutilizan y aprovechan los desechos industriales, comerciales y domésticos, convirtiéndolos en materia prima para la fabricación de nuevos productos útiles a la sociedad GOBERNACION DEL MAGDALENA ***et al***. (1994).

Es el proceso de separar, seleccionar y recuperar materiales o recursos que presentan algún valor comercial o no, y posteriormente son utilizados por la industria o las comunidades en la fabricación de nuevos productos o alimentos.

Estos materiales o recursos, puede reciclarse empleando métodos de tecnología avanzada o de poca tecnología. En el caso de alta tecnología, para la recuperación de recursos, las maquinas desgarran y separan automáticamente la basura urbana mezcla, a fin de recuperar metales, papel, plásticos, vidrios y otros materiales valiosos que a continuación son vendidos a industrias manufactureras como materia prima para el reciclado MILLER, JR (1994).

La recuperación de materiales con poca tecnología se basa en la colocación de diversos tipos de materiales de desecho, por lo general papel, vidrios, metales, plásticos y material orgánico , en recipientes por separados MILLER, JR (***op cit.***) Este método es de amplia aplicación en los países subdesarrollados a nivel de comunidades menores, oficinas y hogares.

Es entonces, el reciclaje una técnica de eliminación de basuras que se efectúa a dos niveles; en los desechos sólidos no degradables y en los biodegradables. El primer caso, fue explicado en los párrafos anteriores y el segundo caso, se habla de técnicas de compostado o conversión de los desechos en abonos, reducción de la basura, alimentación del ganado, entre otras.

De cualquier forma, el reciclaje busca la incorporación de los recursos a la naturaleza, bien sea en la elaboración de productos por las industrias o en alguno de sus distintos ciclos biológicos. Por otra parte, el reciclado no puede efectuarse solamente como una técnica de eliminación de desechos en las comunidades, necesita de otra técnica para disponer los materiales no recuperados, y en ese caso, el relleno sanitario manual es la mejor alternativa, por lo anterior, en Palmor se debe aplicar la combinación de estas dos técnicas.

5. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL PARA LA CABECERA CORREGIMENTAL DE PALMOR

5.1 CARACTERIZACION DE LAS BASURAS

De los datos presentados en la tabla 2 sobre caracterización de los desechos sólidos, se puede ver que estos son de tipo domiciliar. Los desechos orgánicos fácilmente putrescibles, constituyen el 76% del total de basuras producidas en la comunidad; lo que corrobora la base de la economía de la región y la factibilidad de desarrollar operaciones de compostaje.

El material reciclable, representado en vidrios, plásticos, cartón y metales, equivale al 21% del total de los desechos; lo cual indica la conveniencia de implementar un programa de reciclaje en la comunidad con el fin de ampliar la vida útil del relleno y de obtener beneficios económicos.

Por otro lado, la cantidad de desechos producidos y los cálculos de proyección para Palmor se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Proyecciones de población, desechos sólidos y área requerida para el relleno sanitario manual de la cabecera corregimental de Palmor.

			CANTIDAD DE DESECHOS SOLIDOS			VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS EN EL RSM						AREA REQUERIDA	
		ppc	Diaria	Anual	Acumulado	Recibidos m3		Enterrados		Relleno	Acumulado	A rellenar	Total
Año	Población	kg/hab.día	Kg.	Ton.	Ton.	Diario	Anual	Diario	Anual	m3	m3	m2	m2
1996.	1800	0,381	686	250	250	9,6	1001	6	626	751	751	376	488
1997.	1841	0,385	708	259	509	9,9	1034	6,2	646	776	1527	763	992
1998.	1893	0,389	736	269	527	10,3	1074	6,4	671	806	2332	1166	1516
1999.	1926	0,392	756	276	544	10,6	1104	6,6	690	828	3160	1580	2054
2000.	1971	0,396	781	285	561	10,9	1141	6,8	713	856	4015	2008	2610
2001.	2016	0,400	807	295	580	11,3	1178	7,1	737	884	4899	2450	3185
2002.	2063	0,404	834	305	599	11,7	1218	7,3	761	914	5813	2906	3778
2003.	2110	0,408	862	315	619	12,1	1258	7,5	786	944	6757	3378	4392
2004.	2159	0,413	891	325	640	12,5	1300	7,8	813	975	7732	3866	5026
2005.	2209	0,417	920	336	661	12,9	1344	8,1	840	1008	8740	4370	5681
2006.	2259	0,421	951	347	683	13,3	1388	8,3	867	1041	9780	4890	6357
2007.	2312	0,425	983	359	706	13,8	1435	8,6	897	1076	10856	5428	7057

5.2 SELECCION DEL SITIO

El terreno en el cual se construirá el relleno sanitario manual para el corregimiento de Palmor esta localizado al occidente de la cabecera corregimental, aproximadamente a 3 Km de ella, sobre la margen derecha de la vía que comunica a Palmor con la Troncal Oriental. El sitio, en términos generales, esta comprendido entre la intersección de 2 vías: un carreteable y la otra un camino real (ver Anexo 1).

Con respecto a la topografía del terreno, se tiene que esta es una depresión accidentada con algunas planicies mínimas, cuya configuración se puede ver en el Anexo 2. Por esta razón se determinó la utilización de los métodos de área y de pendiente o de rampa para desarrollar las operaciones a seguir en relleno sanitario de Palmor. A continuación de una manera sucinta se describen cada uno de estos métodos:

5.2.1 Método de relleno sanitario tipo área. Se emplea para llenar depresiones naturales o artificiales de algunos metros de profundidad en donde las operaciones de descargue y cubrimiento de los desechos se inicia desde el fondo hacia arriba. El material de cobertura puede ser excavado de los taludes del terreno, o en su defecto debe estar lo más cerca posible para evitar largos acarreos, como se observa en el siguiente diagrama.(Gobernación de Antioquia (1988); ver Figura 4.

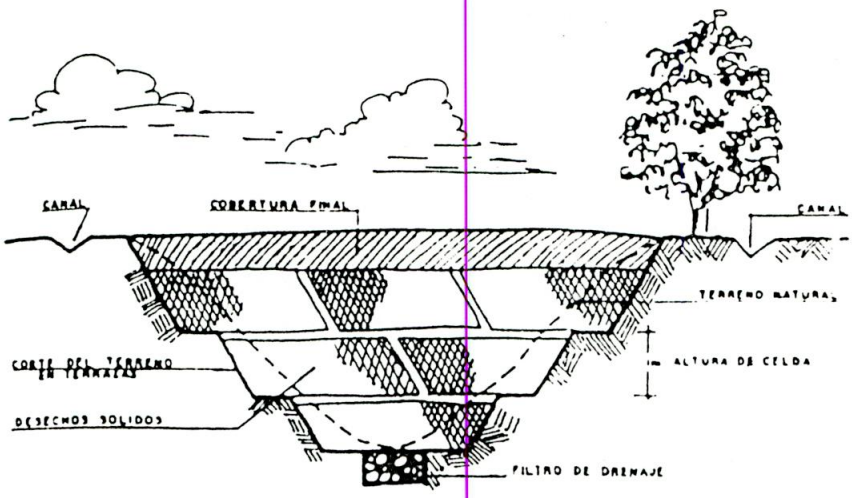


FIGURA 4 Esquema de la conformación de las celdas en el relleno sanitario tipo área. Tomado de Gobernación de Antioquia: 1988.

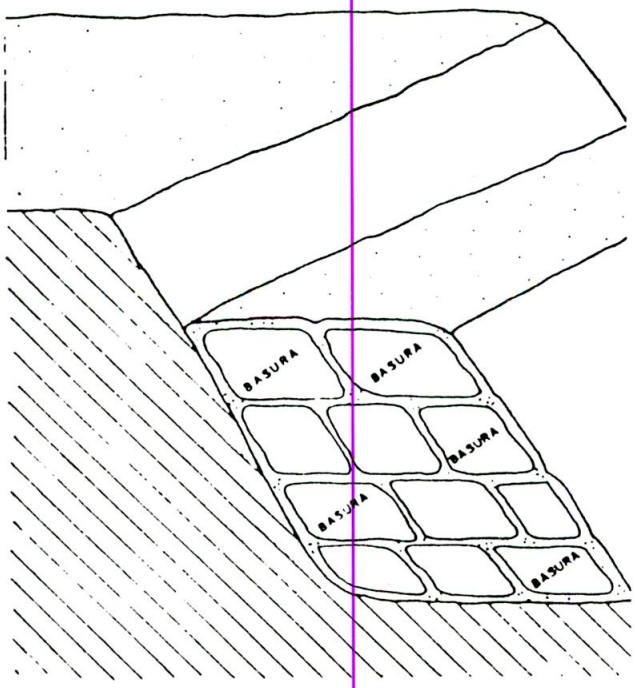


FIGURA 5 Esquema de la conformación de las celdas en el relleno sanitario tipo rampa o pendiente. Tomado de DUQUE Y COLLAZOS: 1993.

5.2.2 Método de relleno sanitario tipo rampa o pendiente. Es un método adecuado para terrenos ondulados, de declives moderados y de pendientes más menos pronunciadas a través de la formación de escalones. Se opera de forma similar a los rellenos tipo área, pero los desechos son vaciados sobre el fondo de la rampa, se extienden y apisonan contra el talud, y se continua la operación avanzando sobre el terreno conservando la pendiente. La rampa debe tener una pendiente de unos 30 grados y el material de cobertura diario debe tener entre 0,10 y 0,15 m de espesor como se muestra en la Figura 5, Duque y Collazos (1993).

5.3 CRITERIOS DE SELECCION

El terreno cumple con los criterios básicos de selección que se deben considerar para este tipo de obras. Los principales parámetros tenidos en cuenta para la selección y evaluación del lote donde operara el relleno sanitario y las ventajas que el lote presenta se señalan a continuación, de acuerdo con el documento de la GOBERNACION DE ANTIOQUIA (1988).

5.3.1 Aspectos sociopolíticos

- Dado que el relleno sanitario será diseñado teniendo en cuenta las variables técnicas que en él influyen, incluyendo su impacto ambiental y la motivación

previa de la comunidad beneficiaria, se asume que el sistema no afectara a la población, sino por el contrario la beneficiara como solución sanitaria.

- Por otro parte, CORPAMAG, la Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta, el Comité de Cafeteros del Magdalena, ASOSIERRA, la Administración Municipal de Ciénaga, la Junta de Acción Comunal y los distintos comités y asociaciones de Palmor han manifestado su interés en participar de manera coordinada en la concreción del proyecto del relleno sanitario para el corregimiento, cuya voluntad y compromisos primigenios fueron plasmados en el acta de intenciones que se muestra en el Anexo 3.

- De otro lado, hay que considerar que las comunidades ubicadas a cotas abajo de Palmor han manifestado ante las entidades ambientales y sanitarias, su preocupación por el hecho de beneficiar aguas que actualmente vienen recibiendo aportes de basuras y de vertimientos líquidos provenientes de ese corregimiento.

- A partir del interés mostrado por las comunidades involucradas en esta solución, desde principios del presente año se organizó un incipiente sistema de recolección de los desechos sólidos producidos en su cabecera corregimental y manejado por el comité Aseo Palmor.

5.3.2 Criterios urbanísticos.

- El relleno sanitario se ubicara a una distancia suficiente del área urbana de Palmor (3 Km), sin impedir la tendencia del desarrollo urbanístico del poblado.

- Para su acceso se cuenta con una vía de doble calzada sobre terreno afirmado y en aceptable estado para permitir los ingresos de los vehículos recolectores de basura; quiere esto decir, que no se requiere de la construcción de una nueva vía de acceso al lote. La conservación y mantenimiento de esta vía esta a cargo del comité pro carretera, el cual percibe para tal fin los recaudos de un reten ubicado a la entrada de la población. Esto representa garantías de accesibilidad en todo tiempo y bajos costos operativos por este concepto.

5.3.3 Criterios Económicos.

- El lote donde funcionara el relleno sanitario es un área de poco valor económico toda vez que se trata de un sitio de suelos degradados; de pendientes más menos fuertes; escasa fauna natural; sin cultivos establecidos y poca cobertura vegetal importante; ver Anexo 4.

- El sitio fue adquirido recientemente por la comunidad para ser destinado como solución sanitaria.

- La vida útil del total del lote se estima en 15 años aproximadamente.

- El material de cobertura se obtendrá del terreno montuano próximal ubicado perimetralmente en los limites sur y occidente del lote y de los cortes de los taludes y explanaciones del terreno en su fase de adecuación y construcción de obras complementarias.

- Otros criterios técnicos tenidos en cuenta son: a) generación de un mínimo de 3 empleos permanentes dentro de la población, b) disminución de los costos de operación del relleno a través de la practica del reciclaje con fines comerciales y c) Cuenta con una vía de acceso definida, que corresponde a la carretera de acceso y salida de Palmor, la cual sin embargo requerirá de mantenimiento periódico.

5.3.4 Criterios técnicos.

- Las áreas vecinas al lote donde funcionara el relleno sanitario son terrenos con escasa explotación agropecuaria y despoblados (áreas de pastoreo extensivo y de cultivo estacional de pancoger). A continuación se describen los parámetros técnicos que se tuvieron en cuenta para la determinación de este sitio.

- El análisis de aguas freáticas fue favorable dado que las pruebas realizadas hasta la profundidad de 2 metros no arrojaron presencia de mantos freáticos.

- El lote esta ubicado a considerable distancia del núcleo urbano.

- Los vientos predominantes discurren en sentido noreste - suroeste y en todo caso se alejan de la población.

- No existe corriente permanente de aguas superficiales, ni nacederos sobre el lote seleccionado.

- La conformación topográfica que presenta el lote facilitara la operación con la combinación de los métodos de área y pendiente, logrando así un alto volumen de almacenamiento.

- Por la escasa cobertura vegetal, su grado de intervención antrópica (ver Anexo 4) y baja presencia de fauna se prevén mínimos impactos a estos recursos.

5.3.5 Criterios Sanitarios.

- No se prevé la contaminación de aguas superficiales, en razón a que la fuente más cercana (Quebrada Palmor) dista aproximadamente 1.5 Km. Sin embargo para asegurar el seguimiento y monitoreo posterior se realizó una caracterización de sus aguas, cuyos resultados se aprecian en el anexo 10.

- El impacto ambiental que se causara será favorable tanto a los recursos naturales (fauna, flora, suelo, aire, paisaje), como en el aspecto social. Los impactos negativos, además de mínimos, son transitorios y mitigables.

- Disminución de los vectores de transmisión de enfermedades infectocontagiosas (insectos, artrópodos y roedores).

5.4 CARACTERIZACION Y PARAMETROS DE DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

Para asegurar un diseño optimo de aprovechamiento de las condiciones del lote, en cumplimiento con las normas de saneamiento y de programación de la operación del relleno sanitario de Palmor, se realizó una evaluación técnica del sitio, considerando los aspectos que a continuación se presentan, confrontados contra los parámetros de diseño y los requerimientos de satisfacer necesidades básicas de la comunidad.

5.4.1 Caracterización del terreno

5.4.1.1 Configuración original del terreno. En el lote seleccionado para el diseño del relleno sanitario, se realizó el levantamiento topográfico y la planimetría (ver Anexos 1 y 2) por parte de un topógrafo contratado por la Alcaldía del municipio de Ciénaga.

Para el levantamiento topográfico del sitio, primero se delimitó el área de estudio con un teodolito, una cinta métrica y jalones; posteriormente se determinó el levantamiento altimétrico con un nivel de precisión y un nivel Locke. Las curvas de nivel se diseñaron con equidistancias de un metro entre curva y curva, siendo la precisión de la nivelación igual a 1,5 cm por Km.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de campo (Anexo 1), se determinó que el terreno a utilizar para la disposición final de los residuos sólidos de Palmor está conformado por una topografía de pendientes moderadas, con algunas planicies en el fondo de la hondonada.

El terreno natural está comprendido entre las cotas 984 y 954, la pendiente longitudinal en la vaguada es del 14% aproximadamente; teniendo la pendiente en sentido transversal un valor cercano al 30%

5.4.1.2 Estudio de suelos. Para conocer las capacidades físico-químicas y mecánicas del área donde se establecerá el relleno sanitario, se hizo el estudio de suelos, correspondiendo la caracterización a un suelo Areno-limo-arcilloso (Anexo 5). Espinosa y Molina (1992) enuncian que dichos suelos corresponden a la mejor textura posible para la operación de un relleno sanitario, de acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

5.5 DISEÑOS

5.5.1 Configuración inicial (o proyectada del sitio de disposición). Una vez analizada la configuración original del terreno, se determinó que se requiere adecuar el sitio para mejorar sus condiciones, como receptor de residuos sólidos,

facilitar el ingreso de las basuras, construcción de las celdas, evitar la entrada de aguas de escorrentía y la operación del relleno sanitario manual, en general.

Las características originales del terreno sirvieron de base para realizar un trazado de desarrollo del proyecto en dos fases denominadas I y II; las cuales en suma cubren un área de 5656 metros cuadrados aproximadamente. La fase I se desarrollará sobre un área de 1740,39 metros cuadrados, a partir del muro contención que cierra el vaso entre las cotas 952,5 y 956 hasta las cotas 963 y 964 aprovechando la configuración topográfica de hondonada con planicie basal. La fase II cubre un área de 3915,40 metros cuadrados comprendida entre el borde superior del canal de media ladera hasta el borde interior del canal perimetral

La fase I teóricamente consta de 180 celdas aproximadamente y se estima que sobre ella se podrán disponer las basuras de los tres primeros años de operación del relleno, lo que equivale a la disposición de 305 toneladas de basuras.

Una actividad principal dentro de la adecuación del terreno, consiste en asegurar que las escorrentías de la carretera y del montículo adyacente al sitio no discurran por el lote seleccionado; para ello se prevé la ampliación de la cuneta existente y la construcción de una alcantarilla.

Esta adecuación consistirá en preparar el terreno natural realizando las siguientes obras y actividades:

- Impermeabilización del terreno

- Ampliación en 50 m de longitud de la cuneta existente al borde del carreteable adyacente hasta la vertiente más cercana
- Sellamiento de la alcantarilla existente .
- Construcción de una nueva alcantarilla con una longitud de 6 m a través de la calzada.
- Retiro de la vegetación arbórea en algunas áreas, de acuerdo con el desarrollo de las fases del proyecto.
- Descapote y replanteo del terreno por cada fase de construcción.
- Construcción de los canales perimetrales e interiores para conducción y desvío de aguas lluvias
- Construcción de un muro de contención de gravedad en concreto ciclópeo para cerrar el vaso que servirá como punto de partida para el desarrollo del relleno sanitario.
- Nivelación del terreno, a través de cortes y rellenos, a partir del muro de contención de gravedad, hasta conformar explanadas en contrapendiente de su configuración natural, con una inclinación de aproximadamente el 5%.
- Construcción del dren de lixiviados y líquidos percolados.
- Construcción de filtros para desfogue de gases.
- Corte y explanación del terreno para la ubicación de la caseta de herramientas.
- Cortes para disponer del material de cobertura para cubrir el material depositado en las celdas.
- Pozo para monitoreo de lixiviados.
- Caseta de almacenamiento de herramientas.
- Camino de acceso desde el camino de herradura preexistente hasta la explanada que parte de la base del muro de contención.
- Plataforma de descargue de los desechos sólidos.
- Pozo para el monitoreo de aguas subterráneas

- Tobogán.
- Cerca perimetral
- Valla de información.

5.5.1.1 Desbroce y retiro de la vegetación, descapote, replanteo e impermeabilización del terreno. Al inicio de las actividades constructivas del relleno sanitario, será necesario talar la vegetación de porte alto que se encuentra en el terreno. En la medida del desarrollo de cada fase, el área comprendida deberá ser despojada de todo tipo de vegetación y descapotada con el fin de facilitar, en primer lugar, las excavaciones necesarias y en segundo lugar, para extender un manto impermeable de geotextil y/o polietileno de baja densidad.

Teniendo en cuenta dentro del diseño los costos y las calidades de los materiales se definió el uso del geotextil como impermeabilizante tan solo en el área de la contrapendiente a conformar a partir de la base del muro y 5 metros a su alrededor debido a que en esta zona se depositara el mayor volumen de lixiviados producidos en el relleno. Las áreas restantes serán impermeabilizadas con polietileno. Las excavaciones que se requieran para la construcción del dren de lixiviados también serán revestidas interiormente con el material impermeabilizante.

Antes de iniciar la construcción de las obras principales y complementarias se procederá a realizar el replanteo del terreno para ubicarlas en el sitio exacto tal como se diseñaron, adicionalmente cubriendo el material impermeabilizante con

una capa de suelo compatado de 0,10 m para evitar roturas y posible filtraciones de los líquidos a través de él.

Tabla 7 Cantidades de obra de la impermeabilización y replanteo del terreno

Detalle	Unidad	Cantidad
Descapote, nivelación y replanteo	Global	
Cubierta de polietileno	m^2	1425.5
Cubierta de geotextil	m^2	314.5

5.5.2 Capacidad del sitio. Es el volumen comprendido entre las secciones longitudinales y transversales proyectadas para la configuración inicial y final del relleno. Este volumen debe ser aprovechado para almacenar los desechos sólidos y el material de cobertura GOBERNACION DEL MAGDALENA (1994), y Jaramillo y Pino (1988).

La capacidad se calculó con base en el método de determinación del volumen a partir de curvas de nivel; cuya expresión matemática es la siguiente:

$$V = \frac{1}{2}(A_0 + A_1)\,L + \frac{1}{2}(A_1 + A_2)\,L$$

Donde:

V = volumen (m^3)

A_0, A_1 y A_2 = Áreas transversales extremas (m^2)

L = Distancia entre áreas extremas (m)

Por lo tanto el volumen disponible en el relleno sanitario de Palmor es:

Area curva de nivel 956 = 169.92 m^2 = A_0

Area curva de nivel 960 = 630.72 m^2 = A_1

Área curva de nivel 956 = 1902.24 m^2 = A_2

L = 4 m

$$V = \frac{1}{2}(169.92 + 630.72)\,4 + \frac{1}{2}(630.72 + 1902.24)\,4$$

V = 7928.64 m^3

Este valor corresponde a la capacidad del sitio en la primera fase del relleno sanitario de Palmor.

Capacidad en la fase I = 7928.64 m^3

Capacidad disponible para las basuras = 6342.9 m^3

Volumen de material de cobertura = 1585.74 m^3

En consideración a que en los rellenos sanitarios la basura es confinada en celdas compuestas en un 80% por basuras y 20% por el material de cobertura, se tiene que el volumen de basuras a disponer durante la fase I es de 6342.9 m^3 equivalente a una vida útil de aproximadamente 5 años (ver Tabla 5) . Con igual procedimiento se estimó la vida útil de la totalidad del lote.

5.5.3 Material de cobertura. La disponibilidad del material de cobertura dentro del funcionamiento de un relleno sanitario ocupa un lugar estratégico, por lo cual es recomendable su extracción del mismo terreno a partir de las excavaciones de adecuación del terreno, cortes de los taludes, excavaciones de canales y explanaciones.

La capa de material de cobertura a utilizar durante la primera fase de operación del relleno sanitario de Palmor tendrá un espesor oscilante entre 0.15 y 0.20 m; valores asumidos de la literatura especializada disponible, Duque y Collazos (1993) dado que estos niveles permiten un buen aislamiento de la basura, evitar la propagación de olores y disminuir la entrada de aguas lluvias, entre otros. El total en volumen del material de cobertura a ser utilizado en la primera fase del relleno es de 1585.74 m^3, determinado a partir de los cálculos realizados multiplicando el área a cubrir por el espesor señalado.

5.5.4 Calculo de la producción de lixiviados y líquido percolado. Los lixiviados y líquidos percolados son los líquidos residuales generados en la descomposición de los residuos sólidos y los líquidos que entran al relleno sanitario de fuentes externas como precipitaciones, drenaje superficial, agua subterránea, etc. GOBERNACION DEL MAGDALENA ***et al***. (1988)

El calculo de la producción de los lixiviados y líquidos percolados se baso en la ecuación de balance de aguas y los datos de precipitación para la zona consignados en PESENCA (1989) y correspondientes a la estación del HIMAT en Palmor.

La ecuación de balance de aguas, como aparece en Schaw ***et al.*** (1990), se expresa de la siguiente manera:

CL = P- E- ET -HS

Donde:

CL = Cantidad del lixiviados y líquidos percolados (mm)

E = Escorrentía Superficial (mm)

ET = Evapotranspiración (mm)

HS = Humedad atrapada en el suelo (mm)

P = Precipitación mensual (mm/mes)

A continuación se presenta el análisis de cada una de estas variables:

Precipitación (P). De la información sobre lluvias registrados en la región entre los años 1975 y 1983, se tomó el mayor promedio mensual (513 mm), correspondiéndole al mes de mayo y para la evapotranspiración potencial se asumió un valor de 6.5 mm/día empleándose el coeficiente de corrección de 0.87 aplicado al cultivo de pastos, común en el área de estudio.

Escorrentía superficial (E). La literatura especializada en el tema, considera que la escorrentía superficial puede ser relacionada con un porcentaje de la precipitación. De acuerdo con las características topográficas del terreno, se ha estimado que la escorrentía equivale a un 30% del valor de la precipitación; por lo tanto, para el presente estudio se asumió una E = 153.9 mm/mes

Humedad atrapada en el suelo y en la basura (H.S). En un relleno sanitario los residuos sólidos son cubiertos con material de cobertura, los cuales forman las

celdas; para estos casos, se estima que el suelo más la basura atrapan alrededor de un 15% de la humedad que entra al relleno, por lo cual,

HS = E x 0.15 = 23.08 mm/mes.

Evapotranspiración (ET). Es la perdida de agua por evaporación en la superficie del suelo, combinada con la transpiración de las plantas; es decir, el retorno del agua a la atmósfera, pero siempre y cuando el suelo se encuentre en su capacidad de campo. La evapotranspiración asumida para la zona de estudio, tiene que ver con el tipo de clima presente en el área. Para el caso de Palmor tiene un rango que va de 5.1 a 7 mm/día correspondiente a un clima cálido húmedo a seco; entonces ET = 195 mm/mes que es el valor teórico, CENICAFE (1975) el cual al multiplicarlo por el factor de corrección 0.87 determina la ET real

ET = 195 x 0.87 =169.55 mm/mes.

Cálculo del caudal de lixiviados y líquidos percolados. Basados en la ecuación de balance de aguas, se presenta a continuación el cálculo del caudal de lixiviados que se produciría en la primera fase del relleno sanitario de Palmor que es equivalente a un área de 1740.39 metros cuadrados,:

CL = P- E- ET -HS

CL = 513 - 153.9 - 23.08 - 169.55 = 166.37 mm/mes

Esta producción de líquidos en mm/mes se convierte a L/seg haciendo uso de factores de conversión y luego este valor se multiplica por el área de trabajo como se expresa en la expresión matemática siguiente:

$$CL = \frac{166.37\ mm \times 1mes \times 1\ día \times 1\ hora \times 1\ min \times 1\ m \times 1000\ L}{mes \times 30\ días \times 24\ horas \times 60\ min \times 60\ seg. \times 1000\ mm \times m^3} \times 1740.39\ m^2$$

CL = 0.11 L/seg

La producción de lixiviados y líquidos percolados determinada por este método corresponde a un valor teórico, el cual realmente no se presentaría debido a que supone una intensidad de lluvia igual para todos los meses del año y que el relleno esté drenando en toda su conformación, es decir, que se haya cubierto totalmente el área a rellenar. además, al poco tiempo de iniciar las operaciones en el relleno se habrán alcanzado varios niveles de celdas; lo cual significa mayor número de estratos de suelo y basuras a atravesar por el agua que se percola, y por consiguiente, una mayor cantidad de agua quedara retenida en estos niveles, resultando una menor producción de lixiviados en comparación con el valor establecido teóricamente.

Así mismo, al completarse el relleno en algunas áreas, el volumen de lixiviados será menor, toda vez que en los niveles más antiguos se habrá alcanzado la descomposición de los residuos sólidos y la volatilización en nuevos componentes; sumado al hecho de que en los niveles más recientes aparecerá la cobertura final con vegetación.

5.5.5 Manejo y tratamiento de los lixiviados y líquidos percolados. Los lixiviados y líquidos percolados que se generen en el relleno sanitario y que infiltren hasta los drenes discurrirán a lo largo de ellos y se depositaran en el área inmediatamente anterior al muro de contención. Cuando se presente la producción de lixiviados se deben tomar muestras periódicas para determinar sus

características físico-químicas y evaluar su producción, composición y necesidad de implementar un tratamiento adicional. Los parámetros de interés a medir en los lixiviados presentes en el relleno sanitario de Palmor son lo siguientes: DQO, DBO_5, cloruros, conductividad, dureza, hierro, cobre, plomo, cadmio y pH.

Para evitar la contingencia de niveles de lixiviados que desborden la corona del muro, se construirá un pozo de recolección y muestreo de lixiviados; del cual, cuando se estime conveniente, serán extraídos por succión y conducidos nuevamente hacia el relleno sanitario a través de un sistema de bomba y tuberías de conducción, de manera que se produzca la recirculación de los mismos, acelerando así el proceso de descomposición de las basuras y la disminución de los volúmenes de lixiviados.

5.5.6 Diseño del dren de lixiviados. Teniendo en cuenta la cantidad de lixiviados y de líquidos percolados que se generarán durante los primeros años, la posición del nivel de aguas freáticas y las características topográficas del terreno, se diseñaron los drenajes para los líquidos, localizándolos en las bases del terreno, siguiendo los drenajes naturales hasta la cota 958, y desde la base del muro hasta la cota anterior, distribuido sobre la explanada construida en contrapendiente .

A continuación se presentan los cálculos del diseño del dren recolector de lixiviados en la primera fase del relleno sanitario de Palmor, a partir de la producción de lixiviados calculada anteriormente y del área a rellenar. Se espera recoger el percolado mediante un dren central dispuesto en forma de espina de

pescado en el fondo del relleno en sentido de la pendiente natural del terreno. La espina de pescado del sector del dren comprendido entre las cotas 963 y 958 va abierta hacia arriba y la correspondiente al sector determinado entre la cota 958 y la base del muro de contención estará abierta hacia abajo (ver Anexo 6).

El canal recolector de lixiviados y líquidos percolados será de sección trapezoidal con la siguientes dimensiones: base de 0.50 m; ancho superior 0.80 m; una altura de 0.50 m (ver Anexo 6), rellenado con rocas de diámetro efectivo de 3"; una longitud total de 354 m y una pendiente del 14% que es la dominante en el área de estudio.

Calculo de la sección del canal recolector de lixiviados:

$$\text{Area} = \frac{0.80\ \text{m} + 0.50\ \text{m}}{2} \times 0.50 = 0.325\ \text{m}^2$$

Volumen de excavación = $0.325\ \text{m}^2 \times 354\ \text{m} = 115.05\ \text{m}^3$

Este volumen excavado será rellenado con el material de rocas con diámetro efectivo de 3"

Tabla 8 Cantidades de obra para la construcción del dren de lixiviados

Detalle	Unidad	Cantidad
Descapote, nivelación y replanteo	m	354
Excavación	m^3	115.05
Piedra songa Ø = 3"	m^3	115.05

5.5.7 Diseño del pozo de monitoreo de lixiviados. Como se explicó anteriormente el pozo tendrá como función la de monitorear la cantidad de lixiviados producidos y permitir la extracción por bombeo para la recirculación de este líquido en el relleno sanitario en cuestión.

Dicho pozo será ubicado en el punto de confluencia de los dos sistemas de drenes asumidos al extremo de la explanada a contrapendiente construida a partir del muro de contención. La ubicación y los detalles constructivos se observan en el Anexo 6. Estructuralmente consiste en un tubo de gres de 8" , cribado 0,60 m en el extremo macho y con tapa en el otro extremo. El extremo cribado estará insertado en posición vertical dentro del canal recolector de lixiviados. Una vez la basura haya alcanzado el borde superior del tubo se requerirá colocar un nuevo tubo y así sucesivamente hasta alcanzar su nivel máximo, el cual se ha estimado en 5.50 m, por ser esta la distancia vertical entre el nivel del fondo de la vaguada, próximal al muro de contención, y la horizontal imaginaria trazada desde la cota 968.

Tabla 9 Cantidades de obra para la construcción del pozo de monitoreo de lixiviados.

Detalle	Unidad	Cantidad.
Tapa metálica	Global	1
Regleta en madera	m	5
Tubería de gres de Ø = 8"	U	3

del dren de lixiviados y de esta manera asegurar un flujo rápido sin acumulaciones. A través de las chimeneas los gases serán evacuados del relleno sanitario hacia la atmósfera, donde por las escasas cantidades y periodicidad, posiblemente no representaran peligro ni contaminación de la misma. Los pozos

5.5.8 Cálculo de la producción de gases generados en el relleno sanitario de Palmor. La cantidad de gases generados en un relleno sanitario son producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos. Entre los gases generados se encuentran amonio, monoxido y dioxido de carbono, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, oxigeno y metano.

Los gases presentes tienden a escapar del relleno y hacer difusión lateral. Para evitar efectos adversos generados por los gases, como explosiones, contaminación ambiental y otros, el relleno sanitario debe contar con un sistema de evacuación de gases.

Para realizar el diseño del sistema de evacuación de gases, se requiere calcular la producción de estos, generados al final de cada año de operación. Jaramillo y Pino (1988) afirman que aunque el volumen de gas esperado es proporcional a la cantidad de basura, se recomienda, para prevenir cualquier eventualidad, conducirlos hacia la atmósfera mediante un sistema simple de filtros en piedra que harán las veces de chimeneas, las cuales se construyen elevándolas progresivamente, procurando siempre una buena compactación a su alrededor.

El relleno sanitario del corregimiento de Palmor como se anotó anteriormente será desarrollado en dos fases de operación denominadas I y II; sin embargo, nuestros cálculos y diseños estarán referidos a la fase I.

Tabla 10 Cantidades de obra para la construcción de los desfogues

Detalle	Unidad	Cantidad.
Listones de madera 3" x 3" x 2.5 m	U	108
Malla para gallinero de 2" de ojo	m^2	108
piedra songa Ø = 3"	m^3	10.8

5.5.11 Diseño del muro de contención. El muro, además de cerrar el vaso de la depresión, servirá para ampliar la capacidad de almacenamiento de los desechos en el sitio. Su construcción será en concreto y diseñado de acuerdo con las recomendaciones de CENICAFE ("manual de conservación de suelos de ladera"; 1975). En la Tabla No 11 se presentan los parámetros considerados en el diseño del muro

Tabla 11 Parámetros de diseño del muro de contención

h (m)	a (m)	b (m)	c (m)	e (m)	t (m)	H (m)	B (m)	P_1	P_2	D *
3.50	0.50	0.30	1.30	0.25	0.80	4.0	2.35	1.41	0.11	4.50

donde:

P_1 y P_2 reacción del suelo en Kg/cm^2

* D = cantidad de concreto m^3/m lineal

h = altura del muro

b = ancho de la corona

t = espesor de la base

B = ancho de la base

a, e = extremo de la base

c = paramento interno

H = altura total de la estructura

Largo de la corona = 8.5 m

Por seguridad, estabilidad del muro y las exigencias del terreno, el valor de t se aumento en un 60% más del valor recomendado para este tipo de obra.

El muro tendrá forma trapezoidal con una cara más inclinada que la otra y será la expuesta al material depositado; esta es de 3.50 m de alto construida en concreto ciclópeo a partir de la base. La base se hará en un 40% con piedra bruta y el restante 60% en concreto ciclópeo.

La superficie del material confinado debe ser horizontal y quedará al nivel de la parte superior del muro. Aunque no se conocía la capacidad de carga del terreno se asumió lo indicado por los moradores, quienes afirmaron que es resistente y compuesto por material rocoso, de modo que podrá resistir el peso del concreto aplicado (2.400 Kg/m^3) y el de la tierra húmeda (2.600 Kg/m^3) según recomendación de diseño.

Con el fin de iniciar el diseño supondremos una sección tentativa como la que se aprecia en el Anexo 6 . Asimismo, se consideró una faja de muro de un metro de longitud.

Tabla 12 Cantidades de obra para la construcción del muro de contención.

Detalle	Unidadl	Cantidad
Excavación	m^3	15,98
Construcción de formaleta	m^2	61,45
Concreto ciclópeo (40 - 60) en la base	m^3	15,98
Concreto ciclópeo en el cuerpo del muro	m^3	28,26

5.5.12 Diseño de los canales de evacuación de aguas lluvias. Se construirán dos canales para la evacuación de las aguas lluvias: uno perimetral, localizado entre las cotas 970 y 969 y otro interno o de media ladera siguiendo las cotas 964 y 963 (ver Anexos 6 y 7).

Para el diseño de las secciones de los canales, se siguieron las recomendaciones dadas por CENICAFE (1975). Los parámetros tenidos en cuenta atendiendo el tipo de suelo fueron los siguientes

Velocidad de flujo = 0.80 m/seg (para ambos canales)

Talud canal perimetral = 2 : 1

Talud canal interno = 1 : 1

El material producto de estas excavaciones se utilizará en la conformación de los taludes del canal perimetral y de media ladera, los cuales deberán quedar debidamente compactados y el material sobrante deberá ser depositado en la parte baja del lote para su posterior uso como material de cobertura.

5.5.12.1 Canal perimetral. El canal perimetral será de sección trapezoidal con la siguientes dimensiones: base de 0.40 m; ancho superior 1.80 m y una altura promedio de 0.35 m (ver Anexo 6 y 7).

Cálculos del canal perimetral. Para efectos del diseño del canal perimetral, inicialmente fue necesario determinar el caudal, haciendo uso de la fórmula general de la continuidad, donde $Q_{Caudal} = A \times V$.

A = área de la sección

V = velocidad del agua en el canal revestido

La velocidad mediante la formula de Manning con el fin de conocer el carácter erosivo.

Fórmula de Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} s^{1/2}, \text{ donde}$$

V = Velocidad del agua del canal

n = (coeficiente de rugosidad para concreto) = 0.012

R (radio hidráulico) = A/P

donde A = área hidráulica y P = perímetro del área mojada del canal

s (pendiente adoptada para el canal) = 0.015 %

Con base en lo anterior se determinaron las siguientes dimensiones:

Plantilla: 0.4 m

Tirante : 0.25 m

Profundidad de excavación : 0.35 m

Espejo de agua : 1.40 m

Boca total del canal : 1.80 m

Perímetro húmedo : 1.52 m

Perímetro total : 1.96 m

Lado de la sección :0.56 m. para perímetro húmedo

Lado sección : 0.78 m. para el área excavada.

La plantilla se adoptó teniendo en cuenta el criterio para un canal pequeño, Blair (1963); el tirante por la misma condición anterior y el talud, teniendo en cuenta el tipo de suelo. Para la profundidad de excavación, se incremento el borde libre en un 40 % aplicado al tirante. El espejo de agua se determinó multiplicando el talud

por la profundidad del tirante y todo esto multiplicado por 2, más el valor de la plantilla.

La boca total del canal se determinó multiplicando la profundidad total de excavación por el talud multiplicado luego por 2, más el valor de la plantilla. El perímetro húmedo se consiguió dividiendo el tirante entre el seno del ángulo y luego, multiplicado por 2 más el valor de la plantilla. El Perímetro total se determinó dividiendo la profundidad de excavación entre el seno del ángulo comprendido, multiplicando todo esto por 2 más el valor de las plantilla.

El ángulo comprendido es el formado por la horizontal y la línea inclinada que forma el lado de la sección y es igual a 26'34 grados. En la Tabla 13 se aprecian las obras necesarias para la construcción del canal perimetral.

Tabla 13 Cantidades de obra para la construcción del canal perimetral

Detalle	Unidad	Cantidad
Descapote, nivelación y replanteo	Global	
Excavación	m^3	73,77
Revestimiento en mortero 1:5 espesor 0.05 m	m^3	16,87

5.5.12.2 Canal interno o de media ladera. El canal de media ladera será igual al perimetral, de sección trapezoidal con dimensiones: base 0.30 m, ancho superior 1 m, altura promedio 0.35 m y una longitud total de 168.2 m; de los cuales 137.2 m serán revestidos con mortero 1:5 (ver Anexo 6 y 7).

Realizados los cálculos correspondientes las características del diseño del canal son las siguientes:

Area de la sección húmeda del canal = 0.1375 m^2

Area total de la sección del canal = 0.2125 m^2

Longitud del canal hasta el punto de vertimiento = 168.2 m

Volumen de excavación = 0.2125 m^2 x 168.2 m = 35.74 m^3

Longitud del canal a revestir = 137.2 m

Tabla 14 Cantidades de obra para la construcción del canal de media ladera.

Detalle	Unidad	Cantidad
Descapote, nivelación y replanteo	Global	
Excavación	m^3	35.74
Revestimiento en mortero 1:5 espesor 0.05 m	m^3	8.57

5.5.13 Ampliación de la cuneta. El objetivo de esta ampliación es evitar la entrada de aguas de escorrentía al relleno sanitario provenientes de la calzada de la carretera y del cerro adyacente a esta. Para ello, inicialmente se ha de sellar la alcantarilla existente y a partir de este punto aumentar la longitud de la cuneta en 50 m. Las especificaciones técnicas que a continuación se señalan han sido tomadas de acuerdo con los instructivos de CORPAMAG (1993), para el diseño de este tipo de obras.

La cuneta será construida en tierra; con sección en v; una profundidad de 0.40 m; un ancho en el borde superior de 0.80 m; sin revestimiento y con una inclinación que permita el drenaje de las aguas hacia la nueva alcantarilla ubicada al final del tramo. En la Tabla 15 se detallan las obras necesarias para su ampliación

Tabla 15 Cantidades de obra para la ampliación de la cuneta.

Detalle	Unidad	Cantidad
Descapote y nivelación	m	50
Excavación	m^3	8

Por otra parte, el tramo de cuneta comprendido entre la cota 979.40 hasta la cota 976.43 deberá mejorar su condición actual con el fin de permitir un buen drenaje de las aguas, con circulación libre hasta el sitio escogido para el desvío final.

5.5.14 Construcción de alcantarilla. La alcantarilla diseñada es de tipo Box Colvert, la cual se construirá en concreto a lo ancho de la calzada y cuyas especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 16. La alcantarilla quedará ubicada a 50 m pendiente abajo de la existente. El objetivo de esta obra es evacuar el agua de escorrentía que corre por la carretera y la proveniente del cerro adyacente a la misma.

Tabla 16 Cantidades de obra y especificaciones técnicas para la construcción de una alcantarilla tipo Box Colvert.

Detalle	Unidad	Cantidad
Excavación 8 x 3 x 1.20 m	m^3	28.8
Cimiento de los muros de la caja 3(0.30 x0.20 x 1 m	m^3	0.18
Muros de la caja 3 (2.90 x 0.20) m	m^3	1.74
Cimiento muro de carga de la caja 0.80 x 0.30 x 0.50 m	m^3	0.12
Muro de carga de la caja 2 x 2.10 x 0.40 m	m^3	1.68
Cimiento de muros laterales internos 2(7 x 0.2 x 0.4) m	m^3	1.12
Muros laterales internos 2 (7 x 0.80 x 0.20) m	m^3	2.24
Hechura e instalación de 14 unidades de placa	U	14

5.5.15 Caseta de almacenamiento de herramientas. La caseta de almacenamiento constará de un compartimiento de 3x3 m en madera, cubierto con láminas de zinc corrugadas y con un levantamiento perimetral en ladrillo puesto en soga de 0.14 m de altura cimentado sobre una base en concreto ciclópeo (ver Anexo 8).

En el terreno previamente acondicionado, se realizará la excavación donde se conformará, en concreto ciclópeo, la cimentación sobre la cual reposará el levante perimetral en una hilada doble de ladrillo puesto en soga, obteniéndose una altura de 0.14 m.

Las columnas en madera a instalar deberán estar provistas de clavos que servirán de anclaje en el concreto. Puede preverse, además, en el tramo que quedará

embebido, pintar los maderos con pintura impermeabilizante para prolongar la vida útil de la estructura.

Una vez colocados los maderos embebidos en concreto, para mayor estabilidad y durabilidad, se procederá a rellenar el área comprendida en el perímetro del levante de ladrillo con material del sitio, escombros o arena la cual será apisonada y humedecida para obtener buena compactación. Sobre esta superficie se conformará la plantilla del piso en concreto. En la Tabla 17 se muestran las cantidades de obras correspondientes a la caseta de almacenamiento.

Tabla 17 Cantidades de obra para la construcción de la casa de herramientas.

Detalle	Unidad	Cantidad
Excavación adecuación área	m^3	18.75
Excavación para cimentación	m^3	1.7
Cimentación en concreto ciclópeo	m^3	1.7
Excavación para columnas en madera	m^3	0.35
Embebido en concreto 1:2:3 para columnas	m^3	0.35
Columnas en madera D = 0.15 m	U	4
Levante perimetral en ladrillo	U	148
Relleno piso con material del sitio	m^3	10.6
Plantilla piso en concreto 1:2:3	m^2	11.8
Paredes en tabla L = 1.5 m	m^2	23.43
Maderos entre columnas 2" X 3"	U	4
Puerta en madera 1.2 X 2 m	U	1
Vigas 2" X 3" L = 3 m	U	9
Láminas de zinc 0.92 X 2.15 m	U	10

5.5.16 Camino de acceso interno. El camino a acondicionarse parte desde la cota 976; es decir, desde el camino de herradura hasta la cota 952.5 (ver Anexos

7 y 8) con una longitud de 70 m y un ancho previsto de 1.2 m. En toda la longitud del trazado, realizado previamente, se realizarán los trabajos de acondicionamiento, incluido el apisonamiento.

La superficie bien apisonada se cubrirá con una capa de concreto de 0.08 m; la cual se dejará rústica para proporcionar un mayor agarre al desplazamiento de los operarios hacia el interior del relleno. Cada 3 m se acondicionaron las respectivas dilataciones. Las especificaciones técnicas, se consignan en la Tabla 18.

Tabla 18 Cantidades de obra para la construcción del camino de acceso al interior del relleno sanitario manual de Palmor.

Detalle	Unidad	Cantidad.
Adecuación área	m^2	75
Cubierta en concreto 1:2:3	m^3	4.8

5.5.17 Plataforma para descargue de las basuras. Una vez finalizado el recorrido de recolección de las basuras en la comunidad, estas serán transportadas hasta el relleno y descargadas, por breve tiempo, en una pequeña plataforma de descargue en concreto con dimensiones 2.5 X 1 X 0.08 m y situada en la berma de la carretera , justo en la boca del tobogán (ver Anexo 8).

Por seguridad, ésta área será protegida por un cercado, conformado por 4 maderos rígidos, de sección de 3" x-3" y 1.5 m de longitud, colocados uno por

esquina y 2 más en los puntos vecinos al tobogán que capta las basuras; donde se dejará descubierta la zona de trabajo con una luz de 0.5 m.

Los maderos deben fijarse con mortero a una profundidad de 0.30 m. En la altura de protección obtenida, 1.2 m se colocarán cada 0.40 m listones de madera con sección de 2" x 1.5" m (Tabla 19).

Tabla 19 Cantidades de obra para la construcción de la plataforma de descargue de desechos sólidos.

Detalle	Unidad	Cantidad
Adecuación área	m^2	4.5
Cubierta en concreto 1:2:3	m^3	0.2
Maderos 3" x 3" L = 1.5 m	U	6
Listones de madera 2" x 1.5" L = 1 m.	U	12
Mortero para fijación de maderos	m^3	0.054

5.5.18 Diseño del tobogán. Su objetivo es transportar los desechos desde la plataforma de descargue hasta las celdas de deposición final (ver Anexos 7 y 8). En consideración a que la mayor cantidad de las basuras producidas en la comunidad viene contenida en bolsas de polietileno de bajo coeficiente de rozamiento con las superficies pulidas de naturaleza metálica; y a la pendiente del terreno, se diseñó un tobogán o canaleta con las siguientes medidas:

Largo : 40 m; ancho : 0.70 m; alto : 0.30 m

La canaleta será construida en tablones, revestida interiormente en lamina de zinc lisa y provista de estructuras de apoyo a ambos lados cada 2.50 m. La madera a utilizar debe estar libre de insectos y hongos, seca e inmunizada y la lamina de zinc deberá colocarse de tal manera que no obstruya el paso de la basura hacia la celda; es decir, colocarlas traslapadas de arriba a abajo. Los apoyos serán estacones de madera enterrados 0.5 m. Las especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20 Cantidades de obra para la construcción del tobogán del relleno sanitario de Palmor.

Detalle	Unidad	Cantidad
Láminas de zinc cal 22 de 2 x 1 m	U	20
Tablones de 3 x 0.30 m y e = 1"	U	55
Estacones de 3" x 2" x 2.5 m	U	32

5.5.19 Diseño del pozo para monitoreo de agua subterránea. El nivel de aguas freáticas en el área del relleno sanitario no pudo ser determinado en el momento del estudio (septiembre de 1996), correspondiente a un mes de alta precipitación en la zona, a pesar de haber efectuado una excavación de 2 metros de profundidad.

Esta profundidad del nivel freático significa que probablemente no será contaminada el agua subterránea por escape de lixiviado y/o liquido percolado (en caso de rotura del sistema colector incluido en los diseños). Sin embargo y para controlar la calidad de las aguas subterráneas, en caso de existir, es

necesaria la construcción de un pozo profundo para realizar la toma de muestras de agua para los análisis de las calidades físico-químicas y bacteriológicas.

La localización del pozo de muestreo de agua subterránea será 10 metros sobre la vaguada detrás del lugar de emplazamiento del muro de contención (ver Anexo 7). Los detalles de construcción del pozo son los siguientes: tubo de PVC de 6", provisto de una tapa con rosca en el extremo superior; 3 m de largo y una longitud bajo tierra de 2 m, con perforaciones a lo largo de un metro en el extremo distal bajo tierra. En la Tabla 21 se muestran las cantidades de obra y las especificaciones técnicas.

Tabla 21 Cantidades de obra para la construcción del pozo para monitoreo de aguas subterráneas en el relleno sanitario de Palmor.

Detalle	Unidad	Cantidad
Tubo PVC 6" con tapa de rosca	m	4
Excavación	m^3	2
Anclaje en concreto 1:2:3 e = 0.10 m.	m^3	0.014

Al igual que en el pozo de monitoreo de lixiviados, de este pozo también se extraerán muestras periódicas para ser analizadas y determinar los siguientes parámetros: nivel del agua, DBO, DQO, pH, Temperatura, sólidos totales, nitrógeno total, fósforo total, dureza, alcalinidad, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, hierro, sodio, potasio, sólidos disueltos, Número más probable de coliformes totales y fecales.

5.5.20 Cerca perimetral. El lote donde funcionará el relleno sanitario deberá contar con un cerramiento perimetral a todo lo largo de los linderos (ver Anexo 8), para de esta forma controlar y/o evitar el ingreso y entrada de personas, animales y vehículos no autorizados y brindar seguridad y disciplina a la obra

La cerca perimetral estará constituida por 4 hilos de alambre de púas separados entre si cada 0,30 m y sujetos a madrinas dispuestas cada 1,5 m. En el punto de ingreso, se contara con un portón de 2 cuerpos de 1 m cada uno; y para el ingreso a la caseta de herramientas un portillo de 1 m de ancho, que estará construido con listones de madera de 3" de sección cuadrada formando un portón rectangular.

Es de vital importancia la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos de crecimiento rápido a 2 m pendiente abajo de la cerca perimetral (ver Anexo 8) para que actúe como aislamiento visual y ayude a retener posibles residuos sólidos que se puedan levantar por acción del viento durante la operación. En la Tabla 22 se muestran las cantidades de obras necesarias para la colocación de la cerca perimetral y en la Tabla 23 lo relacionado a la cerca viva de arboles.

Tabla 22 Cantidades de obra para la construcción de la cerca perimetral y los portones de acceso al relleno sanitario de Palmor.

Detalle	Unidad	Cantidad
Excavación para madrinas	m^3	1.43
Madrinas de 1.5 m y Ø = 4"	U	271
Alambre púa calibre 12	m	1628
Listones de madera 3" x 3" y L = 1.10 m.	U	18
Listones de madera 4" x 4" y L = 1.5 m	U	4
Grapas	Kg	4
Bisagras 6"	U	8

Tabla 23 Cantidades de obra para la conformación de un cerco de arboles en el relleno sanitario de Palmor.

Detalle	Unidad	Cantidad
Excavación para siembra	m^3	5.3
Arboles	U	84

5.5.21 Valla de información. Con el fin de identificar, presentar y describir el proyecto, es necesaria la construcción y colocación de una valla, en el sitio donde funcionará el relleno sanitario, que contenga la información básica sobre el proyecto. La valla se construirá en lamina de zinc lisa colocada sobre un marco de madera. La lámina debe pintarse con material anticorrosivo y con pintura para el fondo sobre el cual se colocará el mensaje. Las dimensiones de la valla serán las siguientes: ancho 1.5 m y alto 1 m como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24 Cantidades de obra para la construcción de una valla informativa en el relleno sanitario de Palmor.

Detalle	Unidad	Cantidad
Lamina de zinc 1 x 1.5 m	U	1
Arte	Global	
Excavación	m^3	0.04
Listones de madera 3" x 3" y L = 2 m	U	2

Tabla 25 Resumen de cantidades de obra para el relleno sanitario de Palmor.

Item	Detalle	Unidad	Cantidad
1.	Desbroce y retiro de vegetación, descapote, replanteo e impermeabilización del terreno		
1.1	Descapote, nivelación y replanteo	Global	
1.2	Cubierta de polietileno	m^2	1425.5
1.3	Cubierta de geotextil	m^2	314.5
2.	Construcción del dren de lixiviados		
2.1	Descapote, nivelación y replanteo	m	354
2.2	Excavación	m^3	115.05
2.3	Piedra songa Ø = 3"	m^3	115.05
3.	Construcción del pozo de monitoreo de lixiviados		
3.1	Tapa metálica	Global	1
3.2	Regleta en madera	m	5
3.3	Tubería de gres de Ø = 8"	U	3
4	Construcción de desfogues		
4.1	Listones de madera 3" x 3" x 2,5 m	U	108
4.2	Malla para gallinero de 2" de ojo	m^2	108
4.3	piedra songa Ø = 3"	m^3	10.8
5	Construcción del muro de contención		
5.1	Excavación	m^3	15.98
5.2	Construcción de formaleta	m^2	61.45
5.3	Concreto ciclópeo (40 - 60) en la base	m^3	15.98
5.4	Concreto ciclópeo en el cuerpo del muro	m^3	28.26
6	Construcción del canal perimetral		
6.1	Descapote, nivelación y replanteo	Global	
6.2	Excavación	m^3	73.77
6.3	Revestimiento en mortero 1:5 espesor 0.05 m	m^3	16.87
7	Construcción del canal de media ladera		
7.1	Descapote, nivelación y replanteo	Global	
7.2	Excavación	m^3	35.74
7.3	Revestimiento en mortero 1:5 espesor 0.05 m	m^3	8.57

Continuación Tabla 25

Item	Detalle	Unidad	Cantidad
8	Ampliación de la cuneta		
8.1	Descapote y nivelación	m	50
8.2	Excavación	m^3	8
9	Construcción de alcantarilla		
9.1	Excavación 8 x 3 x 1.20 m	m^3	28.8
9.2	Cimiento de los muros de la caja 3(0.30 x 0.20 x 1 m	m^3	0.18
9.3	Muros de la caja 3 (2.90 x 0.20) m	m^3	1.74
9.4	Cimiento muro de carga de la caja 0.80 x 0.30 x 0.50 m	m^3	0.12
9.5	Muro de carga de la caja 2 x 2.10 x 0.40 m	m^3	1.68
9.6	Cimiento de muros laterales internos 2(7 x 0.2 x 0.4) m	m^3	1.12
9.7	Muros laterales internos 2 (7 x 0.80 x 0.20) m	m^3	2.24
9.8	Hechura e instalación de 14 unidades de placa	U	14
10	Construcción de caseta de herramientas		
10.1	Excavación adecuación área	m^3	18.75
10.2	Excavación para cimentación	m^3	1.7
10.3	Cimentación en concreto ciclópeo	m^3	1.7
10.4	Excavación para columnas en madera	m^3	0.35
10.5	Embebido en concreto 1:2:3 para columnas	m^3	0.35
10.6	Columnas en madera D = 0.15 m	U	4
10.7	Levante perimetral en ladrillo	U	148
10.8	Relleno piso con material del sitio	m^3	10.6
10.9	Plantilla piso en concreto 1:2:3	m^2	11.8
10.10	Paredes en tabla L = 1.5 m	m^2	23.43
10.11	Maderos entre columnas 2" X 3"	U	4
10.12	Puerta en madera 1.2 X 2 m	U	1
10.13	Vigas 2" X 3" L = 3 m	U	9
10.14	Láminas de zinc 0.92 X 2.15 m	U	10
11	Construcción del camino de acceso interior		
11.1	Adecuación área	m^2	75
11.2	Cubierta en concreto 1:2:3	m^3	4.8

Continuación tabla 25

Item	Detalle	Unidad	Cantidad
12	Construcción plataforma de descargue		
12.1	Adecuación área	m^2	4.5
12.2	Cubierta en concreto 1:2:3	m^3	0.2
12.3	Maderos 3" x 3" L = 1.5 m	U	6
12.4	Listones de madera 2" x 1.5" L = 1 m.	U	12
12.5	Mortero para fijación de maderos	m^3	0.054
13	Construcción del tobogan		
13.1	Láminas de zinc cal 22 de 2 x 1 m	U	20
13.2	Tablones de 3 x 0.30 m y e = 1"	U	55
13.3	Estacones de 3" x 2" x 2.5 m	U	32
14	Construcción pozo de monotoreo de aguas subterráneas		
14.1	Tubo PVC 6" con tapa de rosca	m	4
14.2	Excavación	m^3	2
14.3	Anclaje en concreto 1:2:3 e = 0.10 m.	m^3	0.014
15	Construcción de cerca perimetral y portones de acceso		
15.1	Excavación para madrinas	m^3	1.43
15.2	Madrinas de 1.5 m y Ø = 4"	U	271
15.3	Alambre púa calibre 12	m	1628
15.4	Listones de madera 3" x 3" y L = 1.10 m.	U	18
15.5	Listones de madera 4" x 4" y L = 1.5 m	U	4
15.6	Grapas	Kg	4
15.7	Bisagras 6"	U	8
16	Conformación de cerco vivo		
16.1	Excavación para siembra	m^3	5.3
16.2	Arboles	U	84
17	Construcción valla informativa		
17.1	Lamina de zinc 1 x 1.5 m	U	1
17.2	Arte	Global	
17.3	Excavación	m^3	0.04
17.4	Listones de madera 3" x 3" y L = 2 m	U	2

6. SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE PALMOR

Esta segunda fase del ciclo total de generación y disposición final de residuos sólidos le corresponderá al ente encargado del servicio, que para la población de Palmor es el comité ASEOPALMOR, derivado de la Junta de Acción Comunal de esa comunidad; el cual fue constituido en el mes de noviembre de 1995 y actualmente lidera las actividades de recolección, transporte y vertimiento a cielo abierto de los desechos.

La recolección se efectuara puerta a puerta y en puntos predeterminados para aquellos lugares en que no aplique lo primero. En los párrafos siguientes se describen algunas normas básicas para la recolección de las basuras, el tipo de vehículo , la frecuencia de recolección y la ruta recomendada.

6.1 NORMAS DE RECOLECCION

Basados en la literatura especializada en el tema, se presentan algunas de las normas de recolección que los usuarios y operarios del sistema deberán aplicar y que serán fomentadas en los programas de educación sanitaria son:

- Los usuarios del servicio deberán colocar las basuras producidas en el frente de sus viviendas y establecimientos, teniendo en cuenta las rutas, frecuencias y horarios establecidos por el sistema de recolección.

- No depositar excretas humanas y/o de animales como residuos sólidos.

- No depositar baterías y otros productos tóxicos junto con los otros residuos. Las baterías pueden ser objeto de reciclaje, pero pueden contaminar con cadmio y mercurio.

- La población deberá en lo posible colocar las basuras en los puntos de recolección, únicamente los días predeterminados para la recolección.

- En caso de que durante el proceso de recolección sean esparcidas basuras, los encargados del servicio deberán recogerlas inmediatamente.

En relación con las canecas o canastillas que cubrirán el servicio de almacenamiento en el centro de salud del poblado, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Estar demarcadas en forma tal que puedan ser identificadas fácilmente y bajo la prohibición expresa de no ser manipulada por personas ajenas al servicio de salud o al servicio de aseo.

- Ser desinfectadas y desodorizadas con la frecuencia que garantice condiciones sanitarias.

- Contar con los dispositivos de seguridad necesarios para previsión de accidentes en la manipulación o robos.

6.2 VEHICULO RECOLECTOR

De las distintas alternativas para realizar la recolección de las basuras, para Palmor solo se considera la utilización del camión con caja o volteo (volqueta) sin compactador; teniendo en cuenta las características de la población que no permiten la utilización del vehículo recolector de caja cerrada recomendado por la ley 09 de 1979 en su articulo 33. Las circunstancias propias de la orografía y socioculturales de Palmor, permiten concluir que esta consideración es secundaria, puesto que se requiere resolver el problema de recolección.

6.3 FRECUENCIA DE RECOLECCION PROPUESTA

La frecuencia de recolección aconsejada para Palmor es de 2 veces por semana en una sola ruta.

De acuerdo con Collazos y Duque (1993), esta clase de frecuencia es la más utilizada en América Latina, por ser la que mejores resultados ha arrojado

especialmente en las zonas residenciales. No se labora los días domingo por lo tanto hay que prever un recargo en una de las dos recolecciones semanales.

6.4 DEFINICION Y TRAZADO DE LA RUTA DE RECOLECCION

Ya definidos la frecuencia de recolección (2 veces por semana) en una sola ruta y el número de viviendas y establecimientos a atender, es necesario considerar el trazado de la ruta de recolección, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La ruta no debe ser fragmentada (cobertura total durante el recorrido).

- El servicio de recolección en las calles "ciegas" debe ser hecho desde las esquinas de las manzanas.

- Por seguridad y economía, el trazado de la ruta debe realizarse de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno; de modo que las calles de mayor pendiente sean atendidas de arriba hacia abajo.

- Cuando la recolección de los desechos sólidos se efectúa en ambas aceras de la calle, es preferible tener giros en el sentido de las manecillas del reloj para evitar accidentes de colisión con otros vehículos.

- Las rutas deben establecerse en días fijos en la semana para de esta forma tener mayor cooperación de la comunidad.

En síntesis, para determinar el trazado, se tuvo en cuenta el plano urbano mostrándose los resultados en el Anexo 9. Por otro lado, es importante anotar que la eficiencia del servicio de aseo en una población depende no solo de la frecuencia de recolección, ni del tipo de vehículo utilizado ni del sistema de disposición final sino también del almacenamiento; operación con la cual se inicia el proceso de manejo y disposición de los desechos sólidos producidos en cualquier comunidad. A continuación se presentan unas recomendaciones y normas generales para el buen almacenamiento de las basuras, los tipos de almacenamiento y recipientes usados para ello :

6.5 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento es la acumulación de las basuras en las viviendas, zona comercial, industrial y otros establecimientos y se efectúa bajo la responsabilidad de las personas que en ellas habitan.

En este sentido, el adecuado almacenamiento de los residuos sólidos, en los lugares anteriormente mencionados, contribuye con la eficiencia en el servicio de recolección y transporte de los desechos; la erradicación de insectos, olores, roedores y con la presentación reflejada por el núcleo urbano, entre otros.

El almacenamiento de las basuras se realiza en recipientes, que pueden ser retornables o desechables, para evitar el contacto directo entre el recolector y los desechos sólidos.

6.5.1 Normas recomendadas para el almacenamiento de los residuos sólidos. De acuerdo con GOBERNACION DEL MAGDALENA (1994), las normas a tener en cuenta para el almacenamiento de las basuras y que deben ser aplicadas por los usuarios son las siguientes:

- Escurrir el material húmedo.

- Mantener limpio el recipiente de almacenamiento (libre de incrustaciones y pegotes).

- Minimizar los materiales como troncos, ramas o cualquier otro desecho de grandes dimensiones, como cajas de cartón y empaques.

- Los desperdicios de demoliciones (escombros) deben tener sitios especiales para su disposición, que podría ser algún sector del lote destinado para el relleno.

- Evitar el almacenamiento de materiales encendidos, rescoldos, cenizas, entre otros, que puedan causar incendios en el carro recolector o en el relleno sanitario.

- Separar el material recuperable del no recuperable.

- Separar los materiales tóxicos o inflamables.

Estas normas serán fomentadas en el programa de educación sanitaria dirigido a la población para lograr un manejo adecuado de los desechos sólidos desde el mismo lugar de origen.

6.5.2 Tipos de Almacenamiento. Existen varios tipos de almacenamiento, dependiendo del lugar de origen de los desechos sólidos. Los tipos de almacenamiento que tendrán ocurrencia en Palmor son los de origen domiciliar, de vías y áreas publicas y los de establecimientos especiales (tiendas de alimentos y bebidas, almacenes de ropa, depósitos de insumos agrícolas, ferreterías y matadero, entre otros).

6.5.2.1 Almacenamiento domiciliar. Es el más común en la población, ya que la mayor parte de los desechos son de origen domestico.

Tipo de recipiente. El almacenamiento domiciliar se realiza en recipientes desechables o en recipientes retornables. Entre los más comunes se encuentran los tarros metálicos o plásticos y las bolsas plásticas. los recipientes deben reunir ciertas condiciones para que faciliten el manejo durante la fase de recolección, dentro de las que cabe mencionar:

- Recipientes retornables:

· Deben ser construidos en material impermeable, de fácil limpieza y con protección al moho y a la corrosión.

· De ser posible con tapa para evitar la entrada de agua, insectos o roedores

· Con bordes redondeados y de mayor área en la parte superior, de forma que facilite el vaciado en el carro recolector.

· Los recipientes deben ser livianos y de fácil manejo.

- Recipientes desechables:

· Las bolsas plásticas deben tener una resistencia tal que permitan soportar la tensión por la manipulación de las basuras.

· Deben ser de color opaco, preferiblemente.

· Deberán presentarse al recolector cerrados con un nudo o sistema de amarre fijo para evitar el esparcimiento de las basuras al ser manipuladas por el recolector.

6.5.2.2 Almacenamiento en vías y áreas publicas. Para el almacenamiento de residuos sólidos provenientes de escuelas y colegios, iglesia, parques y escenarios deportivos, se utilizarán recipientes especiales, como canecas y canastillas colocadas estratégicamente en las zonas de alta circulación peatonal y de fácil recolección.

6.5.2.3 Almacenamiento en establecimiento especiales. Para este servicio, se hará uso de recipientes especiales, particularmente canecas metálicas y cubrirán el servicio del matadero, mercado y el Centro de Salud.

En el Anexo 9 se indican los lugares donde es necesaria la instalación de recipientes especiales, el tipo y número requeridos.

6.6 RECICLAJE

En consideración a que existe la posibilidad de implementar un programa de reciclaje, el cual se aconseja, se deben incluir campañas educativas y sanitarias para lograr el adecuado almacenamiento de los desechos sólidos, separando los productos recuperables de los no recuperables. Esta separación debe realizarla cada usuario en el interior de sus viviendas, a fin de evitar su contaminación y el deterioro del material recuperable que puede significar ingresos económicos por su venta.

El sistema de tratamiento y de disposición de las basuras seleccionado para la comunidad de Palmor propicia el reciclaje de los residuos sólidos; toda vez que se cuenta con condiciones favorables que se definen desde la siguiente perspectiva:

- Existe un interés de la administración municipal de Ciénaga en fomentar la creación de microempresas

- La naturaleza de los componentes de la basura que se genera en la población muestra un porcentaje apreciable de material reciclable (cartón, plásticos, vidrios, entre otros)

- La utilidad generada por esta actividad puede ser invertida en el fortalecimiento de la empresa de aseo de Palmor (Pago parcial de salario, materiales y herramientas, etc.).

- Aumento de la vida útil del relleno sanitario, al tiempo que disminuyen los impactos ambientales negativos ocasionados por materiales de difícil degradación.

- Otro factor importante es que la practica de esta técnica puede fortalecer las relaciones intergremiales en la comunidad (Grupos Ecológicos, Comité de Aseo, Servicio de Salud, entre otros).

7. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO Y HERRAMIENTAS DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR

De acuerdo con la producción estimada de residuos sólidos para 1997 y con sus proyecciones presentadas en las matrices de producción y proyección de la población y desechos sólidos, se definieron los equipos y herramientas que se requieren para el servicio de aseo y operación del relleno sanitario:

7.1 VEHICULO RECOLECTOR

Como se anotó con anterioridad, la mejor opción para la prestación del servicio de recolección en Palmor es una volqueta o camión con caja sin compactador y con una capacidad no menor que 9 m^3. Aun cuando la caja sea abierta, manteniendo una altura de cargue adecuada, permitirá una alta eficiencia en el servicio de recolección. Es preferible la volqueta por la facilidad en el vaciado de su carga en la plataforma de descargue o, por las comodidades de adquisición de sus repuestos y la sencillez en el mantenimiento disponible en la población.

Otras de las funciones de la volqueta recolectora serian: transporte de material sobrante e inadecuado en la fase de preparación del sitio y transporte del material

de cobertura de sitios vecinos. El personal necesario para esta operación deberá estar integrado por un conductor y dos auxiliares recolectores. Por otro lado, es importante resaltar que en el caso de pertenecer este equipo a la comunidad, este personal conformaría la cuadrilla de operación del relleno sanitario.

7.2 EQUIPO MENOR PARA LA RECOLECCION

La función de este equipo, estará directamente relacionada con el barrido en vías y áreas públicas. Sin embargo, se aconseja que el vehículo recolector también lo porte debido a que es muy probable su utilización durante el recorrido de recolección. Y estará compuesto por: Canecas metálicas, canastillas, tanques plásticos o metálicos, cepillos, escobas, palas y bolsas plásticas.

7.3 EQUIPO MANUAL UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE DISPOSICION FINAL

A continuación se presenta un listado del equipo básico a utilizar para la realización del esparcido, cubrimiento y compactación de los desechos sólidos en el relleno sanitario manual de Palmor como se observa en la Tabla 26.

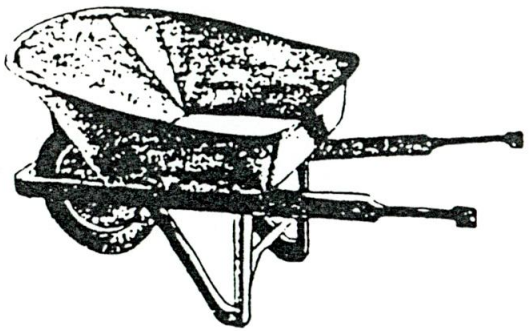
Tabla 26. Equipo manual para la operación del relleno sanitario de Palmor

Detalle	Unidad
Azadones	2
Carretillas	2
Hachas	2
Machetes	4
Palas cuadradas	3
Palas de excavación	4
Picos	2
Pisones	2
Rastrillos	2
Rodillo compactador	1
Tablas	6

A continuación, y dada su importancia, se describen algunas especificaciones de los componentes del equipo manual señalados anteriormente, los cuales se ilustran en la Figura 6. Las herramientas deberán ser almacenadas en la caseta construida para este fin (excepto el rodillo) y después de la jornada de trabajo deberán ser aseadas.

Pisones de mano: serán de madera, compuestos por una tabla gruesa unida a un mango; o de concreto, fabricado con un galón como formaleta al cual se le incorpora una barra o mango de madera; también existe el pisón de hierro que se consigue en el comercio.

Tablas de madera: son utilizadas para facilitar la movilización de las carretillas, evitando que se entierren cuando el material de la superficie del terreno sea de consistencia blanda, también servirán de puente para pasar sobre los canales de desagües.

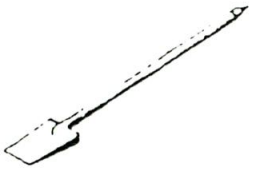


LLANTA NEUMATICA

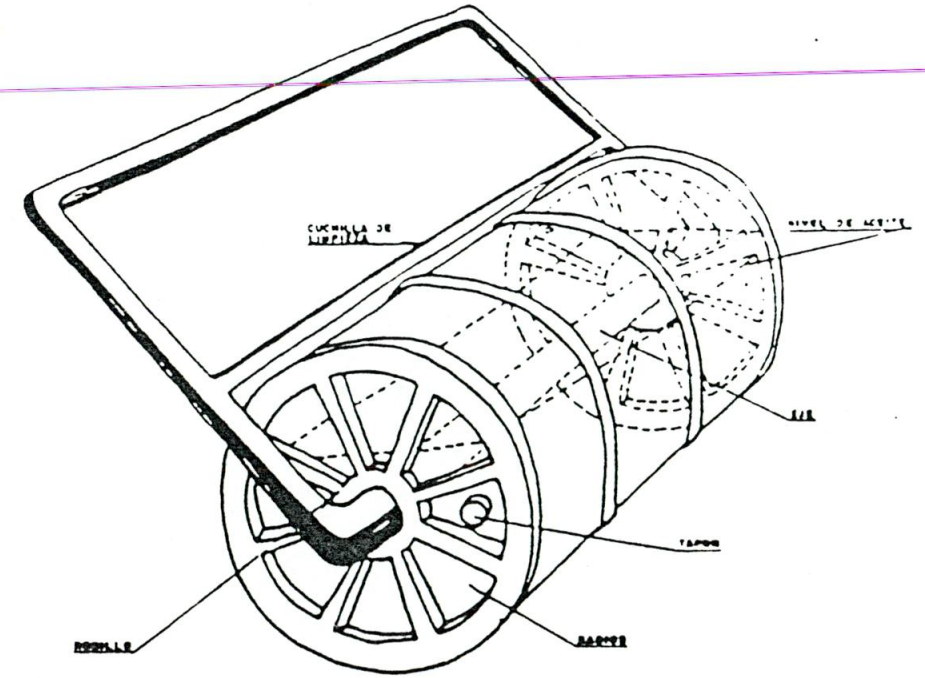
Figura 16 Coche de llanta neumática de 120 litros

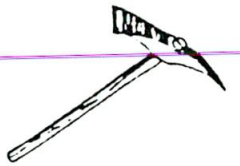
PALA

AZADON

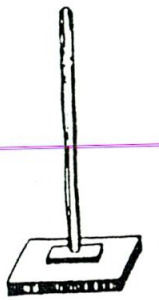


BARRA

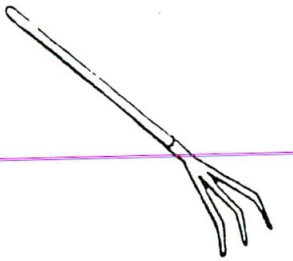




PICA

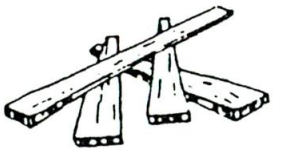


PISON DE MANO



HORQUILLA

RASTRILLO



TABLAS

Figura 6 Equipo para la operación en el relleno sanitario manual. Tomado de Gobernación de Antioquia; 1988

Carretillas: Utilizadas para transportar el material de cobertura, así como para el transporte de material de rocas para la conformación de los desfogues y canales de lixiviado.

Rodillo de compactación: consta de un cilindro fabricado con una caneca o tanque de 55 galones, la cual se llena las 2/3 partes con aceite y se le acondiciona un eje con su respectivo mango y cuchilla de limpieza.

8. DESCRIPCION DE LA OPERACION EN EL RELLENO SANITARIO DE PALMOR

Como se describió anteriormente en capítulos anteriores, el relleno sanitario de Palmor será manual y ejecutado por los métodos de área y de pendiente, principalmente.

La selección del tipo de operación manual se definió en atención a factores económicos y topográficos y de acuerdo con la recomendación general disponible en la literatura especializada que aconseja la operación manual de los rellenos sanitarios para poblaciones con menos de 40000 habitantes y baja producción de residuos sólidos. A continuación se describen las distintas actividades y condiciones que se deben cumplir durante la operación del relleno sanitario, para garantizar una correcta y eficiente operación:

8.1 PROCEDIMIENTO DE DESCARGUE

La volqueta recolectora, una vez finalizado el recorrido de recolección de las basuras, deberá emprender inmediatamente el viaje hacia el sitio del relleno, donde descargará las basuras en la plataforma de descargue; y con la participación de los

auxiliares se verterán dentro del tobogán para ser conducidas hasta la celda programada.

8.2 COMPACTACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Una vez descargados los residuos sólidos en el frente de trabajo, los operarios del relleno sanitario procederán a esparcirlos, acomodarlos y compactarlos en las dimensiones de la celda, las cuales serán de 1 m de alto x 3 x 3.5 m de manera que en esta celda se pueda disponer de todo el material recibido durante el día; la celda será recubierta por una capa de 0,15 m del material de cobertura compactada manualmente.

Se recomienda que durante la acción de esparcimiento de los residuos sólidos, se rasguen las bolsas que contienen los desechos, a fin de lograr una mejor distribución de estos en la celda correspondiente.

Sin embargo, para la conformación de las celdas se debe tener en cuenta que factores como el invierno, la ocurrencia de un mayor número de viajes de los vehículos, las variaciones en los parámetros de diseño puede ocasionar alteraciones en el tamaño de las celdas.

El operador deberá en lo posible evitar los asentamientos diferenciales. La celda debe desarrollarse y asentarse uniformemente. Para evitar ese tipo de asentamiento es conveniente la mezcla de los desechos húmedos y blandos con los

secos y duros, antes de la compactación. Los desechos voluminosos, en lo posible también en lo posible deben desmenuzarse y/o colocarse en el fondo de la celda.

Para lograr las densidades de compactación de diseño se recomienda esparcir y compactar los residuos sólidos en capas no mayores de 0,30 m de espesor. En los rellenos sanitarios de operación manual para las labores de esparcimiento y compactación de los residuos sólidos, conformación de celdas y otras funciones, se hará uso de las herramientas manuales indicadas anteriormente. La densidad de compactación esperada en la etapa de diseño, y que se debe lograr en la operación del relleno es de 400 Kg/m^3.

8.2.1 Control de la densidad de compactación. Para llevar a cabo un control de la densidad de compactación de los residuos sólidos en el relleno sanitario, se recomienda que cada mes se realice un ensayo de densidad en el terreno para determinar la densidad.

Este ensayo de campo consiste en realizar en el terreno un apique en las celdas con las dimensiones de 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m para un volumen de 0,125 m^3, extraer y pesar las basuras almacenadas en este volumen y determinar la densidad.

Se debe realizar un número de tres apiques, analizar sus resultados y evaluar si se está o no cumpliendo la densidad de compactación establecida en el diseño. En caso de que los resultados de densidad en el terreno den por debajo de lo esperado, se debe mejorar la compactación de las celdas aumentando el número de

pasadas del rodillo y hacer buen uso de las herramientas empleadas para la compactación.

8.3 SECUENCIA DE LLENADO DEL RELLENO

Para la operación y llenado del relleno sanitario se ha previsto una secuencia que permitirá la optimización del relleno y que representa ventajas durante su operación. La secuencia llenado consiste en ir llenando la depresión del terreno, adecuada a la configuración inicial, de abajo hacia arriba, formando cada uno de los niveles o plataformas definidas en el diseño y avanzando las celdas de un mismo nivel.

En este sentido, se irá trabajando en forma escalonada, conservando una pendiente exterior del 30%, hasta lograr la cota de configuración final, que para la fase I corresponde a la cota 963, justamente debajo del canal de media ladera.

8.4 OPERACION EN EPOCA DE INVIERNO

Los aguaceros fuertes que ocurren en la región se constituyen en una condición problemática, por las siguientes razones:

- La erosión del material de cobertura.
- Dificultad de movilización de los operarios dentro del relleno.

- Dificultad para la movilización del vehículo en la recolección de las basuras dentro de la población y en su transporte hacia el relleno.
- Dificultad en el regado y compactación de la basura y el material de cobertura.

Una planeación oportuna para los periodos de lluvias fuertes debe incluir los siguientes aspectos:

- Realizar la recolección, transporte y las labores dentro del relleno en las primeras de la mañana.
- Reservar espacios del relleno con accesos relativamente fáciles para tiempos de invierno.
- Almacenamiento de material de cobertura cerca del área reservada para tiempo de invierno con un recubrimiento impermeable.
- Perfilar el terreno de tal manera que las pendientes contribuyan a que las aguas lluvias drenen retirándose del frente de trabajo.

8.5 USO DEL EQUIPO DE SEGURIDAD

Los operarios del relleno sanitario, dentro de sus instalaciones y en la etapa de recolección, deberán hacer uso del equipo de trabajo necesario para realizar las labores con las medidas de protección y seguridad industrial que contempla la legislación colombiana. El equipo que cada trabajador debe portar durante su trabajo se relaciona a continuación.

- Overol o Uniforme
- Guantes de carnaza
- Botas
- Casco y/o gorras
- Mascarillas
- Lentes o Gafas de Protección

En la caseta de herramientas debe estar dispuesto un extinguidor de incendios con el fin de sofocar cualquier conato de incendio que se presente en el relleno. En este sentido, en el área del relleno sanitario no se permitirán las quemas de papel, cartón, plásticos o cualquier otro material combustible para no propiciar un incendio, dado que durante la descomposición de los residuos sólidos se genera gas metano, que puede originar explosiones.

En caso de que se presenten incendios en el relleno, se procederá a su control tapando el área del incendio con material de cobertura y después de apagado se procederá a su compactación.

8.5.1 Normas de higiene. En el relleno será instalado un punto de agua para facilitar las labores de limpieza de las herramientas y para que los trabajadores se aseen una vez finalice su jornada de trabajo. Se han de considerar las siguientes normas de higiene:

- Se debe evitar ingerir alimentos en el área de trabajo.
- No se debe permitir seleccionar y/o tomar material alguno proveniente de los residuos sólidos por parte de los trabajadores.

- Al personal que laborará en el relleno sanitario se le deberá realizar controles médicos 2 veces al año, con el fin de prevenir algún tipo de infección y/o enfermedades.
- Hacer uso de su respectivo equipo de protección

8.6 RECICLAJE

La recuperación o reciclaje de los residuos sólidos deberá hacerse antes de disponer los residuos en el relleno sanitario y no se debe permitir por ningún motivo el reciclaje por parte de particulares no autorizados en el área del relleno.

El material recuperado deberá ser almacenado adecuadamente en bodegas y controlar que estas no se conviertan en criaderos de roedores y/o otros vectores que pueden causar daños al material almacenado y/o transmitir enfermedades a las personas.

9. ORGANIZACION PARA EL MANEJO DEL SISTEMA DE ASEO EN PALMOR

Con objeto de que la ejecución del servicio de aseo se realice con la oportunidad y eficacia necesarias, el sistema debe contar con las herramientas organizacionales, de recursos humanos, económicos y de apoyo logístico que demandan las diferentes actividades de manejo, tratamiento y de disposición final de las basuras, lo que se logra mediante la implementación, fortalecimiento y mantenimiento de una organización empresarial y comunitaria eficiente.

La institucionalización de la organización se obtiene a través de su estructura organizativa y de los recursos que la hacen posible, en un todo concordante, con la idiosincrasia de la población beneficiaria, para garantizar su perpetuidad dentro de las adaptaciones que durante su operación demande.

9.1 TIPO DE ORGANIZACION

Toda vez que en Palmor ya existen unidades dependientes de la Junta de Acción Comunal encargadas del manejo de los Servicios Públicos (Aseopalmor, Acuapalmor y Electropalmor), actuando cada una de manera autónoma se

recomienda la constitución de una empresa de Servicios Públicos que opere de forma integral, dentro de la cual la División de Aseo responderá por la prestación del servicio de aseo, incluido el relleno sanitario.

Esta División tendrá a cargo todas las actividades del sistema de aseo y dejara abierta la posibilidad de contratar con personas de la comunidad el reciclaje y la recolección, cuando sea necesario, por factores tales como: carencia de vehículo y sectores inaccesibles a estos.

Mientras se constituye la empresa de servicios públicos, el servicio de aseo deberá ser manejado por el comité Aseopalmor, que actualmente desempeña esta función; la recolección de desechos debe continuar realizándose tal como se viene efectuando a través de la contratación de una volqueta o camión de propiedad particular, estando a cargo del propietario las personas encargadas de la recolección domiciliaria.

De acuerdo con la experiencia de la población de San Pedro de la Sierra, el manejo de este tipo de proyectos, la operación del relleno sanitario, una vez construido, tan solo requiere de dos operarios con dedicación de tiempo completo bajo responsabilidad del Comité Aseopalmor. El pago de los operarios deberá ser financiado por la Administración Municipal de Ciénaga.

Las funciones a desarrollar por este personal serán las siguientes:

- Construcción de las celdas.
- Dispersión y compactación de las basuras.
- Cubrimiento de las basuras.
- Mantenimiento de los canales de evacuación de aguas lluvias.

- Mantenimiento de equipos, herramientas e instalaciones generales.
- Medir el nivel de los lixiviados y agua subterránea en los pozos de monitoreo.
- Presentar informes periódicos a Aseopalmor.

Ahora bien, el sistema requiere, durante su implementación y operación, de la asistencia técnica de un profesional en las áreas ambientales, ingeniero sanitario o civil especialista en rellenos sanitarios, labor que será cumplida por un profesional contratado por la administración municipal de Ciénaga o adscrito a las entidades gubernamentales administradoras del ambiente, como parte del apoyo a este proyecto.

La presencia del profesional especialista en relleno sanitario se requerirá con cierta periodicidad durante la operación del relleno, con el objeto de brindar capacitación y entrenamiento a las personas vinculadas con el sistema de aseo, calibrar y ajustar parámetros operativos y demás actividades inherentes a un proyecto de esta naturaleza.

10. EJECUCION DEL PROYECTO

Este capitulo tiene por objeto mostrar las previsiones y consideraciones que deben tomarse para concretar el presente proyecto sobre la construcción y operación de un relleno sanitario en el corregimiento de Palmor. En este sentido, a continuación se describen las actividades más relevantes:

- Elaborar los presupuestos de costos correspondientes a cada una de las obras y actividades contempladas en la construcción de la fase I del relleno sanitario.

- Presentar este documento junto con los presupuestos a las entidades inicialmente involucradas en la etapa de diseño; a saber, CORPAMAG, Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta, Alcaldía de Ciénaga, Junta de Acción Comunal y ASOSIERRA.

- Buscar la participación de nuevas entidades que por la naturaleza de sus funciones e intereses se puedan vincular en el proyecto de relleno sanitario y vislumbrar el grado de compromiso.

- Definir mediante convenios el compromiso de cada una de las entidades interesadas a través de la asignación de recursos al proyecto.

- Cada una de las entidades, desarrollará los procesos de contratación para la ejecución de las actividades y obras requeridas en la fase I del relleno.

- Tramitar las licencias de construcción y ambiental ante la Alcaldía de Ciénaga y CORPAMAG, respectivamente.

- Iniciar las obras y terminarlas en la cantidad, calidad y tiempos determinados con las especificaciones técnicas de las contrataciones.

- Capacitación y adiestramiento del personal que laborará en el relleno sanitario.

- Clausura de los botaderos existentes en la población.

- Determinar la fecha de iniciación de las operaciones en el relleno sanitario y programar la ceremonia de inauguración.

10.1 ADMINISTRACION DE LA EJECUCION E INTERVENTORIA PARA LA CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR.

Se propone que la ejecución de la obra sea coordinada por un comité Ad -hoc constituido por CORPAMAG, Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta, Alcaldía de Ciénaga y la Junta de Acción Comunal, presidido por la Alcaldía de Ciénaga.

La interventoría de las obras se realizará a través de un profesional de cualquiera de las siguientes disciplinas: Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Civil o profesional especializado en Ciencias Ambientales. El interventor designado reportará al comité Ad-hoc del relleno sanitario los avances y novedades de la construcción del proyecto.

Una vez terminada la fase de construcción y asegurada la viabilidad técnico-operativa del proyecto será entregado la Junta de Acción Comunal (Aseopalmor) para su administración.

10.2 CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LAS OBRAS EN EL RELLENO SANITARIO DE PALMOR

En la Tabla 27 se presenta el cronograma de ejecución de las obras para la construcción de la primera fase del relleno sanitario manual de Palmor.

Tabla 27 Cronograma de ejecución de las obras en el relleno sanitario de Palmor; primera fase.

ACTIVIDAD	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
Desbroce y retiro de la vegetación superior	X	X										
Ampliación de cuneta		X	X									
Construcción de alcantarilla			X	X								
Sellamiento de alcantarilla existente			X									
Construcción de caseta para herramientas				X	X							
Construcción de canales para aguas lluvias					X	X	X					
Descapote y replanteo del terreno				X	X							
Construcción de explanada en contrapendiente							X					
Construcción de muro de contención							X	X				
Construcción del dren de lixiviados						X	X	X				
Impermeabilizacion del terreno							X	X	X	X		
Construcción de desfogues								X	X	X		
Construcción pozo monitoreo de lixiviados										X		
Camino de acceso interior						X	X					
Construcción pozo monitoreo agua subterranea											X	
Construcción plataforma de descargue										X		
Construcción de tobogán										X		
Instalacion de cerca perimetral											X	X
Colocación valla informativa												X

11. GENERALIDADAES DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

La disposición controlada y técnicamente adecuada de las basuras, tiene un impacto positivo sobre el ambiente, ya que reduce los índices de morbilidad y mortalidad producidos como resultado del contacto de las personas con basuras mal dispuestas; controla, minimiza o elimina los residuos que pueden deteriorar los recursos naturales y trae beneficios de orden socioeconómico: recupera, para el desarrollo y para recreación, áreas abandonadas o de baja explotación, crea empleos directos e indirectos, y aun, permite ingresos como resultado de la operación al propiciar el reciclaje, ya que los productos reciclados, principalmente el vidrio, el papel y el plástico, son adquiridos por las empresas productoras de esos materiales. En resumen, el proyecto mejora la calidad de vida de los habitantes beneficiados, GOBERNACION DEL MAGDALENA ***et al.*** (1994).

En consecuencia, a priori, se conoce que si se cumplen las normas técnicas para los diseños, la construcción, la implementación y la operación de los SISTEMAS de recolección y de disposición controlada de las basuras, la calidad de vida de los habitantes localizados en el área de influencia y el ambiente serian beneficiados, GOBERNACION DEL MAGDALENA (***op cit.***)

En el diseño del proyecto se tuvieron en cuenta todas esas normas técnicas así como las recomendaciones que minimizan o eliminan efectos nocivos para el

hombre y su ambiente, como se indica posteriormente. Por consiguiente, el proyecto será de beneficio para la comunidad de interés y su entorno ambiental.

Como quiera, el proyecto requiere de la elaboración de un estudio de Impacto Ambiental que identifique de una manera precisa las alteraciones ambientales debidas a la construcción y operación de un relleno sanitario, en concordancia con la legislación colombiana expresada en la ley 99 de 1993 y el decreto 2811 de 1974 (código de los recursos naturales). En consecuencia las entidades responsables de la ejecución de este proyecto deberán adelantar los tramites pertinentes ante CORPAMAG, como entidad administradora ambiental en cumplimiento del decreto 1753 de 1994, que fijará los términos de referencia correspondientes al proyecto.

En aras de visualizar preliminarmente los efectos ambientales negativos y positivos del proyecto, a continuación se presentan los posibles impactos y las medidas correctivas, de mitigación y atenuación para cada uno de ellos.

11.1 EFECTOS NEGATIVOS DURANTE LA CONSTRUCCION Y OPERACION DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR Y MEDIDAS DE MITIGACION O CONTROL

A continuación se relacionan los posibles impactos negativos y/o positivos con su correspondiente medida de mitigación o atenuación que se podrían presentar tanto en la fase construcción como de operación del relleno sanitario de Palmor.

11.1.1 Fase de Construcción

a. Pérdidas de cobertura vegetal protectora del suelo, micro y macro fauna y flora del sitio.

M.m.a.c.: **Medida de mitigación atenuación y corrección** : El desbroce de la vegetación y descapote del suelo se realizará en la medida del desarrollo del proyecto dando lugar a migraciones de aves e insectos; a su vez se desarrollará un plan de revegetación con especies apropiadas para las áreas del relleno que hayan sido concluidas.

b. Deterioro del paisaje natural.

M.m.a.c.: Constitución de cercas vivas y desarrollo de un plan de revegetación interior.

c. Alteración de la geomorfología de la zona.

M.m.a.c. : El relleno sanitario convertirá una depresión profunda de pendientes fuertes en un área de perfiles atenuados con mayores posibilidades de uso futuro.

d. Alteración de la hidrología y curso de aguas superficiales de la zona.

M.m.a.c.: Las aguas de escorrentías serán canalizadas a través de un sistema de canales y cuneta hasta la vertiente más próxima.

e. Emisiones de partículas (polvo)durante los cortes y disposición del material de cobertura.

M.m.a.c.: Humectación del suelo antes de realizar las operaciones.

11.1.2 Fase de operación

a. Emanación de gases combustibles y de olores fuertes.

M.m.a.c.: Construcción de un sistema de desfogues que permite la difusión permanente de los gases con concentraciones imperceptibles al olfato e incombustibles, además de no permitir acumulaciones explosivas.

b. Alteración de la composición, textura y calidad de los suelos.

M.m.a.c.: El relleno sanitario produce un suelo que con medidas de correcciones (encalado para subir el pH) permitirá el establecimiento de cultivos forestales.

c. Producción de incendios por ignición de gases combustibles.

M.m.a.c.: Igual a la contemplada para el impacto **a** en esta fase.

d. Deterioro de la calidad de aguas superficiales y/o subterráneas.

M.m.a.c.: Implementación de un sistema de canales de derivación de aguas superficiales a media ladera y perimetral del relleno que impiden el aporte de aguas a la zona del relleno, además de un dren para recoger lixiviados sobre un manto impermeable de geotextil y polietileno.

e. Deterioro de las condiciones de salubridad de los operarios del relleno.

M.m.a.c.: Dotación de un equipo de seguridad y la aplicación de normas higiénicas.

f. Emisiones de partículas (polvo)durante los cortes y disposición del material de cobertura.

M.m.a.c.: Humectación del suelo antes de realizar las operaciones.

g. Presencia de concentraciones de plomo, cadmio, cobre, mercurio y otros metales pesados en los lixiviados dentro del relleno sanitario.

M.m.a.c.: Fomentar dentro de la población la separación de estos materiales de los demás residuos domésticos, para posteriormente disponerlos en sitios apropiados designados por las autoridades sanitarias y ambientales de la municipalidad y del departamento.

11.2 EFECTOS POSITIVOS DURANTE LA CONSTRUCCION Y OPERACION DEL RELLENO SANITARIO DE PALMOR Y POST VIDA UTIL

A continuación se relacionan los efectos positivos sobresalientes del proyecto:

a. La operación técnica del relleno sanitario crea condiciones en las cuales se preservan y mejoran los factores que inciden en la buena salud y en la seguridad de los habitantes del corregimiento de Palmor.

b. La operación del relleno sanitario estimula el mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes del corregimiento beneficiado, por cuanto disminuye los índices de morbimortalidad que se ocasionan por el manejo inadecuado de las basuras; se generan nuevos empleos, se estimula la educación y se fortalece la cultura de manejo sanitario adecuado.

Universidad del Magdalena
Biblioteca
Santa Marta Col.

c. La operación técnica del relleno sanitario estimula la construcción de viviendas al tender a mejorar la prestación de servicios públicos.

d. En la etapa posterior a la vida útil del relleno sanitario queda a disposición un lote con condiciones óptimas para fines recreativos y de aprovechamiento forestal en pro de la salud mental y la economía del corregimiento.

e. Al operarse técnicamente el relleno sanitario se preserva la calidad del área circundante al evitarse la descomposición de las basuras a cielo abierto con el desprendimiento subsecuente de olores nauseabundos hacia la atmósfera.

f. Con la operación técnica del relleno sanitario se controlan, mucho más eficientemente las poblaciones de roedores, insectos y aves involucradas en la zoonósis.

g. Durante y después de las operaciones del relleno, se conserva y mejora el paisaje urbano y áreas circundantes de la cabecera corregimental al evitarse los basureros a cielo abierto.

BIBLIOGRAFIA

AINSA. Desechos Sólidos : Generación, Almacenamiento, Recolección, Disposición, Reciclaje. Medellín, septiembre 1987, Memorias Curso Desechos Sólidos y Reciclaje. Sin fecha.

BEER P. F. y E. RUSSELL J. Mecánica vectorial para ingenieros 2ª Edición; Estática tomo I. Mc Graw-Hill. México. 1973. 422 p.

CORPORACION AUTONOMA Y REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS BOGOTA, UBATE Y SUAREZ. Basuras.Bogota, 1986

CELIS, J. G. Et. Al. Estudio de Aseo Urbano - El Peñol, Antioquía (Diagnóstico y Proyecto), Facultad de Salud Pública, Universidad de Antioquía, Medellín, 1987.

CENICAFE. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchina, Caldas. 1975. 267 p.

CETESB, Relleno Sanitario. Consejo Nacional de Desenvolvimiento Urbano, mayo de 1979.

CHOW T.E. V., R. DAVID., DMENT M. y MAYS L.W.. Hidrología aplicada. Mc Graw-Hill. Santa fe de Bogotá. 1994. 284 p.

COLLAZOS, H. y HERNANDEZ, L. "Relleno Sanitario Manual". Revista ACODAL, No. 87, abril de 1979.

CORPAMAG, Plan de Acción. Santa Marta, 1992.

_____ Relleno Sanitario de San Pedro de la Sierra. Santa Marta 1994

_____ Informe de actividades 1995. Santa Marta, 1996

CORPES C.A. Universidad del Norte. Estudio y Diseños de los Programas de Saneamiento Ambiental (R.S.M.) de Plato. Barranquilla, 1994.

DE AZEVEDO V. NETTO. J.M. y G. ACOSTA. Manual de hidráulica. HARLA. 6a edición. México 1975. 180 p.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DE ANTIOQUIA. Diseño Relleno Sanitario Manual "El Chágualo" Medellín - Colombia, 1987.

DIRECCION NACIONAL DE HIGIENE Y MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DE CUBA. Higiene del medio, Tomo I. ciencia y técnica, instituto cubano del libro. La habana, 1974. 375 p.

DUQUE M, R.y COLLAZOS P. H. Residuos sólidos. FUNPIRS. Santa fe de Bogotá. 1993.251 p.

EMPRESAS VARIAS DE MEDELLIN. Diseño Relleno Sanitario "Plaza de Ferias"- Informe Final. Compañía Colombiana de Consultores. Medellín - Colombia, 1984.

FACULTAD DE SALUD PUBLICA. Universidad de Antioquía. Estudio de Aseo Urbano (Diagnóstico y Proyecto) Municipio de Apartadó. CORPOURABA, Medellín. 1981.

FERNANDEZ DE CASTRO G. M.y N. OÑATE L. Estudio socioeconómico de la vereda de Palmor. tesis de grado, facultad de ciencias económicas. Universidad del Magdalena. 1996. 77 p.

GOBERNACION DE ANTIOQUIA. Relleno sanitario manual; guía para el diseño, construcción y operación. Medellín. 1988. 153 p.

GOBERNACION DEL MAGDALENA, FINANCIERA DE DESARROLLO TERRITORIAL, CORPES COSTA ATLANTICA Y UNIVERSIDAD DEL NORTE. Estudios y diseños de los programas de saneamiento ambiental del sector aseo de las cabeceras de los municipios del departamento del Magdalena. Municipio de Plato. Barranquilla. 1994. 210 p.

HADDAD, J. Disposición Final de Residuos Sólidos. Cepis, 1981.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Normas Colombianas para la presentación de tesis de grados. Bogotá. 1996. 132 p.

JARAMILLO, J. A. y M. PINO. Relleno sanitario "El Chagualo" Municipio de Marinilla. En: Habitat popular y tecnología. 29 p.

JIMENEZ, H. y O. MARIN. Estudio de Aseo Urbano. Amagá - Antioquía (Diagnóstico y Proyecto). Tesis de Grado. Facultad de Salud Pública, Universidad de Antioquía, Medellín, 1985.

Biblioteca

MINISTERIO DE SALUD, Decreto 2104 de 1983, Residuos Sólidos. República de Colombia.

OROZCO, A. Desechos Sólidos : Una aproximación racional para su recolección, transporte y disposición. Universidad de Antioquía, Medellín, 1980.

PEREZ P, A. y C. RAMIREZ. Técnicas sencillas de saneamiento ambiental aplicables en medio urbano. EPAM. Santa fe de Bogotá. 1991. 139 p.

PESENCA. Situación socioeconómica y energética de la zona de planificación de Palmor. Barranquilla. 1989. 111 p.

SCHAW O. G; R. K. FREVER; T. W. EDMISTER y K. K. BARNES. Ingeniería de conservación de suelos y aguas. LIMUSA. México. 1990. 570 p.

TORRES R. E. Manual de conservación de suelos agrícolas. Diana. México. 1981. 164 p.

TYLLER M. JR, G. Ecología y medio ambiente. Iberoamérica. México. 1994.