

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO Y DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA
EL CANTÓN PEDRO VICENTE MALDONADO**

Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

**MARIA SOLEDAD VILLARROEL TORAL.
JONATHAN PIERRE MASSON SCHALK.**

SANGOLQUÍ, 2 DE JULIO DEL 2007

EXTRACTO

Este estudio que presentamos a continuación es el Diseño del Relleno Sanitario para el Cantón Pedro Vicente Maldonado, la realización consistió en dos etapas: la primera que fue el levantamiento de la información de campo para obtener los datos de diseño, y la segunda etapa que fue el diseño mismo del relleno.

Para el diseño fue indispensable realizar estudios de suelos y de agua además de la recopilación de mucha información de instituciones y organizaciones como el INAMHI, la OPS y el CEPIS

Al ser un proyecto que tiene una gran incidencia en el ambiente se realizó el estudio de impacto ambiental con el objetivo de minimizar, anular o compensar los impactos producidos por la construcción y operación del relleno sanitario.

Dentro del diseño fue de gran importancia abarcar temas como las especificaciones técnicas para el proyecto, además de realizar el presupuesto total y los costos de operación por cada año de vida útil.

ABSTRACT

The project that we are presenting is about the Design of a Sanitary Landfill for the canton of Pedro Vicente Maldonado. This project consists of two stages: first of all, the compilation and research of any information that deals with this field and secondly the design of the landfill.

It was indispensable for the design a study of the soils and water in the area to be constructed, besides the investigation of vital information of institutions and organizations such as: INAMHI, the OPS and CEPIS.

Being a project that has great effect on the environment we preceded in elaborating a study of the environmental impact, where the main objective was to minimize, to annul or to compensate the impacts that could be caused by the construction and operation of the Sanitary Landfill.

It was essential within the design to pay attention to topics, such as: the technical specifications for the project in addition to the elaboration of the global budget and costs of operation for each year of useful life.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. Maria Soledad Villarroel Toral y el Sr. Jonathan Pierre Masson Schalk como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Sangolquí, 3 de julio del 2007.

ING. EDGAR CARVAJAL
DIRECTOR

ING. MILTON SILVA
CODIRECTOR

REVISADO POR:

ING. JORGE ZUÑIGA GALLEGOS
COORDINADOR DE LA CARRERA

DEDICATORIA.

Este proyecto esta dedicado de manera especial a la persona que me enseñó amar la vida y a darme cuenta de lo importante que son los pequeños detalles en ella, la persona que me enseñó a luchar y salir adelante sin dañar al resto, la persona que con su inocencia es mi inspiración de vida, la persona que no se encuentra físicamente presente pero vivirá por siempre en mi corazón, esto es por y para mi madre.

A mi padre por su fuerza y valentía, por ser un luchador para beneficio de sus hijos y esposa, por saber salir adelante ante las adversidades de la vida, por ser mi apoyo incondicional, ejemplo de mi vida y una persona digna de admiración.

A mis hermanos por el simple hecho de estar juntos, compartir nuestras vidas y apoyarnos mutuamente.

Ma. Soledad Villarroel Toral.

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado en primer lugar a DIOS, por devolverme a la vida y darme la oportunidad de concluir mi carrera.

A mi madre por ser como es una luchadora incansable, fuente de amor y ternura, amante de la vida, y amiga que me dejo caer más de cien veces para enseñarme que siempre nos levantaremos.

A mi padre por ser ejemplo de lucha y tenacea que ha inspirado en mi nobleza y fortaleza para no ser doblegado por nada ni nadie.

Al Ing. Jaime Villarroel por ser una persona desprendida y valerosa que me ha brindado todos sus conocimientos de una forma sincera y sin envidia alguna.

Jonathan Pierre Masson Schalk

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Jaime Villarroel por ser el mentor y colaborador incondicional de este proyecto.

Un agradecimiento mutuo entre los ejecutores del proyecto por el esfuerzo que fue compartir durante este tiempo, las riñas y risas, las penas y la alegrías, las noches y los días, y haber logrado juntos culminar este proyecto.

A nuestras familias y seres queridos por estar junto a nosotros en todos los momentos buenos y malos brindándonos su amor y su apoyo.

A nuestros infaltables amigos el G6, por ser fuentes de risas y haber prevalecido el ser SIEMPRE AMIGOS.

A la Universidad por habernos formado y a todos los ingenieros que por nuestro porvenir, impartieron sus conocimientos con el fin de lograr en nosotros una esperanza de país.

Al Ing. Jorge Zuñiga que fue guía durante todos estos años de carrera universitaria y haber sido actor activo de nuestros logros y locuras.

Al los Ingenieros Edgar Carvajal y Milton Silva, por haber sido fuentes de conocimiento y actores en la realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.- ANTECEDENTES	1
1.2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO.	2
1.2.1.- Objetivo general del proyecto	2
1.2.2.- Objetivos Específico.	2
1.3.- UBICACIÓN	2
1.4.-MARCO DE REFERENCIA.	3
1.4.1.- Población y División Política.	3
1.4.2.- Zonas de vida, Biodiversidad y uso del suelo.	4
1.4.3.- Información social.	6
1.4.3.1.- Centros de Salud y Salud Pública.	6
1.4.3.2.- Educación y Establecimientos.	7
1.4.3.3.- Población Económicamente Activa	8
1.4.4- Infraestructura.	10
1.4.4.1- Agua Potable.	10
1.4.4.2.- Alcantarillado.	12
1.4.4.3.- Energía Eléctrica.	13
1.4.4.4- Telecomunicaciones.	13
1.4.4.5.- Transporte y Vías de comunicación.	14
1.4.4.6.- Equipamiento Comunitario.	15

CAPÍTULO II: ESTUDIOS PREVIOS DEL SITIO SELECCIONADO PARA EL RELLENO SANITARIO.

2.1.- ESTUDIO TOPOGRÁFICO.	17
2.2.- ESTUDIO GEOTÉCNICO.	17
2.3.- ESTUDIO HIDROLÓGICO Y CLIMATOLÓGICO.	18
2.3.1.- Precipitaciones.	18
2.3.2.- Temperatura.	20
2.3.3.- Humedad.	21
2.3.4.- Evapotranspiración.	22
2.3.5.- Viento.	23
2.3.6.- Hidrología.	24
2.3.- ESTUDIO DE GENERACIÓN DE LIXIVIADOS.	25

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

3.1.- DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL.	27
3.1.1.- Organismo a cargo del servicio.	27
3.1.1.1.- Organización estructural encargada del manejo de desechos sólidos	27
3.1.2.- Estructura tarifaria y recaudación.	28
3.1.3.- Fases del servicio de aseo urbano.	29
3.1.3.1.- Fase de almacenamiento temporal	30
3.1.3.2.- Fase de barrido.	31
3.1.3.3.- Fase de recolección y transporte.	37

3.1.3.4.- Fase de disposición final	46
3.1.3.5.- Fase de tratamiento y reciclaje.	49
3.1.3.6. Presupuesto y financiamiento.	51
3.2.- PARÁMETROS DE DISEÑO.	52
3.2.1.- Estudio demográfico.	52
3.2.2.- Periodo de diseño.	57
3.2.3.- Cobertura.	58
3.2.4.- Producción per cápita.	58
3.2.5.- Frecuencias y horarios	60
3.2.6.- Demanda de vehículos	61
3.3.- CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.	63
3.3.1.- Generación de los Residuos Sólidos.	63
3.3.2.- Peso volumétrico de los residuos sólidos	66
3.3.3.- Composición de los residuos sólidos.	73
3.4.- SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RELLENO SANITARIO.	74
3.4.1.- Método de trinchera o zanja.	75
3.4.2.- Método de área.	75
3.4.3.- Método combinado.	75
3.4.4.- Método seleccionado.	76
3.5.- ÁREA REQUERIDA, MATERIAL DE COBERTURA, PLATAFORMAS DE OPERACIÓN Y CELDA DE OPERACIÓN DIARIA.	76
3.5.1.- Área total del Relleno.	76
3.5.1.1.- Altura total del relleno	78
3.5.2.- Material de cobertura	79
3.5.3.- Plataforma de operación.	79
3.5.4.- Celdas de operación diaria.	83
3.5.4.1.- Producción de desechos hospitalarios.	88
3.6.- INFRAESTRUCTURA PERIFÉRICA: DRENAJE PLUVIAL.	90
3.7.- INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO: DRENAJE DE LÍQUIDO PERCOLADO.	98
3.8.- INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO: DRENAJE DE EVACUACIÓN DE GASES.	103
3.9.- INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO: TRATAMIENTO DE PERCOLADOS.	106
3.9.1.- Sistema de tratamiento de lixiviados.	106
3.9.2.- Características de los líquidos lixiviados.	108
3.9.3.- Diseño de Lagunas.	109
3.9.4.- Diseño de Filtro Percolador.	112
3.10.- INFRAESTRUCTURA AUXILIAR: CERRAMIENTO, PUERTA DE INGRESO, VÍA INTERNA Y CASA DE GUARDIANÍA.	117
3.10.1.- Cerramiento.	117
3.10.2.- Puerta de ingreso.	117
3.10.3.- Vía interna.	117
3.10.4.- Casa de guardianía.	118
3.11.- MANEJO DE GESTIÓN.	118
 CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	
4.1.- INTRODUCCIÓN.	122
4.2.- LÍNEA BASE.	123

4.2.1.-	Clima.	123
4.2.2.-	Hidrología.	124
4.2.3.	Suelos.	126
4.2.4.	Zonas de Vida.	126
4.2.5.	Flora y fauna.	127
4.3.-	ÁREA DE INFLUENCIA.	127
4.4.-	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.	128
4.4.1.-	Ambiente Físico.	128
4.4.2.-	Ambiente Biótico.	129
4.4.3.-	Ambiente Socio-Económico.	130
4.5.-	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL.	130
4.5.1.-	Constitución Política de la República.	130
4.5.2.-	Ley de Gestión Ambiental.	132
4.5.2.1.-	Código de la Salud.	134
4.5.2.2.-	Código Penal.	134
4.5.3.-	Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.	134
4.5.4.-	Ley de Régimen Municipal.	135
4.5.5.-	Ordenanzas Municipales y Resoluciones.	136
4.6.-	EVALUACIÓN DE IMPACTOS.	138
4.6.1.-	Factores Ambientales a ser Evaluados.	139
4.6.2.-	Acciones ambientales a ser evaluadas.	141
4.6.3.-	Metodología de evaluación.	142
4.6.3.1.-	Matriz de Leopold.	143
4.6.3.2	Algoritmo para usar la Matriz de Leopold.	145
4.6.4.-	Discusión de los impactos Etapa de Construcción.	146
4.6.5.-	Discusión de Impactos en la Etapa de Operación y Mantenimiento.	150
4.7.-	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.	155
4.7.1.-	Etapa de Construcción.	156
4.7.1.1.-	Normas Ambientales para uso del Constructor.	156
4.7.2.-	Etapa de Operación.	162
4.7.2.1.-	Programa de seguridad industrial y salud Ocupacional	163
4.7.3.-	Plan de Emergencia para Desastres y Contingencias.	170
4.7.4.-	Plan de Educación Ambiental.	173
4.7.4.1.-	Objetivos generales.	173
4.7.4.2.-	Plan de trabajo.	173

CAPITULO V: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

5.1.-	REGISTRO DE VEHÍCULOS E INSPECCIÓN.	180
5.2.-	TRÁFICO VEHICULAR.	181
5.3.-	RECEPCIÓN Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS.	182
5.4.-	PROHIBICIONES EXPRESAS.	184
5.5.-	FRENTE DE OPERACIÓN.	184
5.5.1.-	Celda de operación diaria.	184
5.5.2.-	Colocación de la capa de cobertura.	188
5.6.-	CONTROL DE GASES.	190

5.7.- CONTROL DE INSECTOS Y ROEDORES.	192
5.8.- CONTROL DE PLÁSTICOS Y PAPELES.	194
5.9.- MANTENIMIENTO DE DRENAJES Y VÍAS.	195
5.10.- TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.	195
5.11.- PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.	197
5.12.- CONTROL DE EROSIÓN.	198
5.13.- CONTROL DE POLVO.	198
5.14.- PROCEDIMIENTO DE DESCARGUE.	198
5.15.- CONTROL DE HUNDIMIENTOS.	199
5.16.- OPERACIÓN DURANTE CLIMA INCLEMENTE.	199
5.17.- OPERACIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS.	200
5.18.- TRATAMIENTO DE ORGÁNICOS.	201
5.19.- PERSONAL REQUERIDO.	202
5.19.1.- Requisitos para ocupar los cargos.	202
5.20.- PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL.	206

CAPÍTULO VI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE CONSTRUCCIÓN.

6.1.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	208
6.1.1.- Nivelación y replanteo.	208
6.1.2.- Excavación a mano.	209
6.1.3.- Excavación con máquina.	210
6.1.4.- Relleno compactado suelo natural – manual.	212
6.1.5.- Replanteo – hormigón simple.	213
6.1.6.- Hormigón estructural.	215
6.1.7.- Acero de refuerzo en barras.	217
6.1.8.- Malla electrosoldada.	218
6.1.9.- Mampostería de ladrillo H.S. (6x20x40cm)	220
6.1.10.- Enlucido interior – exterior	222
6.1.11.- Contrapiso - hormigón simple $e=0,20m$; $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$.	224
6.1.12.- Tubería de PVC Desagüe 110mm y 160 mm.	226
6.1.13.- Tubería de PVC perforada 110mm.	228
6.1.14.- Geomembrana.	230
6.1.15.- Chimenea incluye estructura, quemador y desfogue.	232
6.1.16.- Planchas metálicas para cubierta.	234
6.1.17.- Caja de revisión de 60 x 60 cm con tapa.	235
6.1.18.- Pozos de revisión de 100 x 100 cm con tapa.	236
6.1.19.- Relleno con piedra bola.	237
6.1.20.- Obligaciones del Contratista.	238
6.2.- PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO.	239
6.3.- COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN PARA CADA AÑO DE VIDA ÚTIL.	245
6.3.1.- Costos del servicio actual.	245
6.3.1.1.- Barrido.	245
6.3.1.2.- Recolección.	245
6.3.2.- Ingresos por tarifa actual.	246
6.3.3.- Costos del servicio del sistema propuesto.	247
6.3.3.1.- Barrido.	248
6.3.3.2.- Recolección.	250
6.3.3.3.- Disposición final.	251

6.3.3.4.- Tratamiento de orgánicos.	252
6.3.3.5.- Educación ambiental.	253
6.3.4.- Resumen de costos de cada fase.	254
6.3.5.- Resumen de costos de cada fase por habitante.	255
6.3.6.- Resumen de costos de cada fase por vivienda.	256
6.3.7.- Tarifa actual y de sostenibilidad financiera.	257
6.3.8.- Proyección financiera del proyecto.	258
6.3.9.- Propuesta de tarifa hasta alcanzar sostenibilidad.	261
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	
7.1.- CONCLUSIONES.	263
7.2.- RECOMENDACIONES.	265
BIBLIOGRAFÍA.	267
ANEXOS Y PLANOS.	268

LISTADO DE TABLAS.

CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

Tabla 1.1: Clasificación del Uso del Suelo en la ciudad.	5
Tabla 1.2: Uso del Suelo Fuera del Limite Urbano.	5
Tabla 1.3: Establecimientos de Salud.	7
Tabla 1.4: Viviendas con servicio de agua.	12
Tabla 1.5: Viviendas con servicio de alcantarillado.	12
Tabla 1.6: Viviendas con energía eléctrica.	13
Tabla 1.7: Distribución de líneas telefónicas por categoría.	14
Tabla 1.8: Equipamientos.	16

CAPÍTULO II: ESTUDIOS PREVIOS DEL SITIO SELECCIONADO PARA EL RELLENO SANITARIO.

Tabla 2.1: Caudales Medios Mensuales del río Caoní.	24
Tabla 2.2: Cálculo de Lixiviados.	26

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO.

Tabla 3.1: Tasas de recolección de residuos.	28
Tabla 3.2: Recaudación.	29
Tabla 3.3: Tipo de almacenamiento temporal.	30
Tabla 3.4: Personal de barrido.	32
Tabla 3.5: Calles barridas.	34
Tabla 3.6: Costo del servicio de barrido.	35
Tabla 3.7: Indicadores del servicio de barrido.	36
Tabla 3.8: Frecuencias y horarios de recolección.	38
Tabla 3.9: Recursos materiales de la recolección.	39
Tabla 3.10: Personal de recolección.	41
Tabla 3.11: Indicadores del servicio de recolección.	42
Tabla 3.12: Resumen de seguimiento de recolección.	43
Tabla 3.13: Costos de recolección.	45
Tabla 3.14: Costos de reciclaje.	50
Tabla 3.15: Ejecución presupuestaria.	51
Tabla 3.16: Población del Cantón Pedro Vicente Maldonado.	52
Tabla 3.17: Población intercensal del Cantón Pedro Vicente Maldonado.	53
Tabla 3.18: Tasas de crecimiento.	54
Tabla 3.19: Tasa de crecimiento intercensal.	55
Tabla 3.20: Proyección poblacional.	55
Tabla 3.21: Población Servida de los Recintos.	56
Tabla 3.22: Proyección poblacional de los recintos.	56
Tabla 3.23: P.P.C por fuente de la Basura.	58
Tabla 3.24: Estudio de producción per cápita a nivel nacional.	59
Tabla 3.25: Proyección de la producción de residuos sólidos.	60
Tabla 3.26: Frecuencias propuestas.	61
Tabla 3.27: Parámetros de Diseño.	62
Tabla 3.28: Dimensionamiento de vehículos necesarios.	63

Tabla 3.29: Producción de Residuos Sólidos.	64
Tabla 3.30: Generación de Residuos Sólidos.	65
Tabla 3.31: Peso Volumétrico de Residuos Sólidos.	71
Tabla 3.32: Composición de Residuos Sólidos.	73
Tabla 3.33: Datos generales para cálculo de volúmenes residuos sólidos.	77
Tabla 3.34: Datos generales para cálculo de volúmenes de residuos sólidos considerando separación de orgánicos.	78
Tabla 3.35: Plataforma de operación Fase I.	81
Tabla 3.36: Plataforma de operación Fase II.	82
Tabla 3.37: Establecimientos de salud.	88
Tabla 3.38: Cálculo de volúmenes de desechos peligrosos.	89
Tabla 3.39: Valores de intensidad diaria para un periodo de retorno.	93
Tabla 3.40: Composición típica del gas de relleno durante la fermentación.	104
Tabla 3.41: Fases de fermentación.	107
Tabla 3.42: Características del líquido lixiviado.	108

CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Tabla 4.1: Principales Variables Climatológicas de la Zona.	124
Tabla 4.2: Análisis de la Muestra.	125
Tabla 4.3: Criterios de Calidad Para aguas destinadas a uso pecuario.	125
Tabla 4.4: Factores ambientales considerados para la caracterización ambiental del área de influencia.	139
Tabla 4.5: Acciones consideradas durante la fase de construcción.	141
Tabla 4.6: Acciones consideradas durante la fase de operación.	142
Tabla 4.7: Características del lixiviado.	152
Tabla 4.8: Calidad del estero en la Muestra 1 después de la descarga del lixiviado.	153

CAPITULO V: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

CAPÍTULO VI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE CONSTRUCCIÓN.

Tabla 6.1: Presupuesto de Plataformas.	239
Tabla 6.2: Presupuesto de Drenaje de Lixiviados.	240
Tabla 6.3: Presupuesto de Drenaje Pluvial.	240
Tabla 6.4: Presupuesto de la Planta de Tratamiento.	241
Tabla 6.5: Presupuesto de las Fosas de Desechos Hospitalarios.	241
Tabla 6.6: Presupuesto Cajas y Pozos de Revisión.	242
Tabla 6.7: Presupuesto de la Planta de Compostaje.	242
Tabla 6.8: Presupuesto de las Chimeneas de Evacuación de Gases.	243
Tabla 6.9: Presupuesto del Galpón de Reciclaje.	243
Tabla 6.10: Presupuesto para las campañas de educación.	244
Tabla 6.11: Presupuesto Total para la construcción del Relleno Sanitario.	244
Tabla 6.12: Resumen de costos del sistema actual.	246
Tabla 6.13: Ingresos por tasa actual.	247
Tabla 6.14: Estimación de jornaleros y equipo de barrido.	248

Tabla 6.15: Costos de barrido.	249
Tabla 6.16: Costos de recolección.	250
Tabla 6.17: Costos de disposición final.	251
Tabla 6.18: Costos de tratamiento.	252
Tabla 6.19: Costos por eventos.	253
Tabla 6.20: Costos administrativos.	253
Tabla 6.21: Costos de educación ambiental.	253
Tabla 6.22: Resumen de costos de cada fase.	255
Tabla 6.23: Resumen de costos de cada fase por habitante.	256
Tabla 6.24: Resumen de costos de cada fase por vivienda.	257
Tabla 6.25: Tarifas mensual de sostenibilidad.	258
Tabla 6.26: Proyección financiera del servicio.	260
Tabla 6.27: Incremento tarifario anual hasta alcanzar la sostenibilidad.	261

LISTADO DE CUADROS.

CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

Cuadro 1.1: Población por años y áreas.	4
Cuadro 1.2: Población y nivel de instrucción.	7
Cuadro 1.3: PEA por ramas de actividad.	8
Cuadro 1.4: PEA ocupacional.	9
Cuadro 1.5: Población ocupada por grupos de edad.	9
Cuadro 1.6: Red Vial Cantonal.	14
Cuadro 1.7: Sistema Vial de la Ciudad.	15

CAPÍTULO II: ESTUDIOS PREVIOS DEL SITIO SELECCIONADO PARA EL RELLENO SANITARIO.

Cuadro 2.1: Precipitación media mensual.	19
Cuadro 2.2: Temperatura Media Mensual.	20
Cuadro 2.3: Humedad Relativa Media Mensual.	21
Cuadro 2.4: Evapotranspiración media mensual.	22
Cuadro 2.5: Velocidad del Viento Máxima Mensual.	23
Cuadro 2.6: Caudales Medios Mensuales del río Caoní.	24
Cuadro 2.7: Generación de Lixiviados.	26

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO.

Cuadro 3.1: Ejecución presupuestaria.	52
Cuadro 3.2: Generación de Residuos Sólidos.	65
Cuadro 3.3: Peso Volumétrico de Residuos Sólidos.	72
Cuadro 3.4: Composición de Residuos Sólidos.	74

CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

CAPÍTULO V: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

CAPÍTULO VI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE CONSTRUCCIÓN.

Cuadro 6.1: Evolución de tarifa para sostenibilidad.	262
--	-----

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO I: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

Figura 1.1. Ubicación del Cantón.	3
-----------------------------------	---

CAPÍTULO II: ESTUDIOS PREVIOS DEL SITIO SELECCIONADO PARA EL RELLENO SANITARIO.

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO.

Figura 3.1: Papeleras colocadas en la Av. 29 de Junio.	31
Figura 3.2: Av. 29 de Junio.	33
Figura 3.3: Equipo de trabajo para el barrido.	33
Figura 3.4: Barrido de la Av. 29 de Junio.	36
Figura 3.5: Camión Recolector.	39
Figura 3.6: Recolección.	41
Figura 3.7: Pesaje Domiciliario.	43
Figura 3.8: Sectores de recolección.	44
Figura 3.9: Botadero.	47
Figura 3.10: Celda desechos peligrosos.	47
Figura 3.11: Agentes de contaminación.	49
Figura 3.12. Descarga del recolector.	67
Figura 3.13: Cuarteo de la basura.	67
Figura 3.14: Método de cuarteo.	68
Figura 3.15: Reciclaje de basura.	68
Figura 3.16. Pesaje para cálculo de densidad.	69
Figura 3.17: Corte celda tipo 1.	85
Figura 3.18: Corte celda tipo 2.	86
Figura 3.19: Pesaje desechos hospitalarios.	89

CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

CAPITULO V: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO.

Figura 5.1: Alternativas de descarga de los residuos sólidos.	183
Figura 5.2: Celda de operación diaria.	188
Figura 5.3: Colocación de la capa de cobertura.	189
Figura 5.4: Elevación gradual de las chimeneas para gases.	190
Figura 5.5: Construcción del drenaje para gases.	191
Figura 5.6: Detalle de las zanjas para el almacenamiento de lixiviados.	196
Figura 5.7: Herramienta necesaria del auxiliar de operación.	205

CAPÍTULO VI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DE CONSTRUCCIÓN.

LISTADO DE ANEXOS.

ANEXO A1. Precipitación Media Mensual.	268
ANEXO A2. Temperatura Media Mensual.	269
ANEXO A3. Humedad Relativa Media Mensual.	270
ANEXO A4. Viento Medio Mensual.	271
ANEXO B1. Costos del Personal de Barrido.	272
ANEXO B2. Pesaje Domiciliario y Comercial.	273
ANEXO B3. Itinerario de Recorrido Diario del Recolector Municipal.	276
ANEXO B4. Costos del Personal de Recolección.	283
ANEXO B5. Calculo de Volúmenes de Desechos Sólidos.	284
ANEXO B6. Calculo de Volúmenes de Desechos Sólidos Considerando la Separación de Orgánicos	285
ANEXO C1.- Matriz de Impacto Ambiental Causa –Efecto.	286
ANEXO C2. Fichas del Plan de Manejo Ambiental.	287
ANEXO D1. Cálculo costo de disposición final.	301
ANEXO E1. Estudio de Suelos.	302

NOMENCLATURA UTILIZADA.

P = Precipitación media mensual en mm.

A = Área requerida para el relleno en m^2

K = Coeficiente del grado de compactación, que varia entre 0,25 a 0,50 para rellenos compactados con $0,4 T/m^3$ < peso específico < $0,7 T/m^3$, para el caso se espera que el grado de compactación no será mayor por lo tanto se utiliza el valor de 0,25.

t = Número de segundos del mes

Pf = Población futura.

Po = Población actual.

r = tasa de crecimiento.

n = (tf – to) intervalo en años.

Pob = Población del cantón.

Vc=Volumen de celdas (m^3).

DSd= Cantidad de desechos sólidos diaria (Kg/día).

Drsm= Densidad de los desechos sólidos recién compactados en el relleno sanitario manual $500 Kg/m^3$.

MC = Factor de material de cobertura (1,20).

Ac= Área de la celda ($m^2/día$).

hc = Altura de la celda (m).

l =largo de la celda diaria.

a = ancho de la celda diaria. Se tomara 3m el ancho del camión recolector.

Qp = Caudal a ser drenado en m^3/s

C = Coeficiente de escurrimiento superficial.

I = Intensidad de lluvia crítica mm/ h.

A = Área de recepción de la cuenca Ha.

I_{TR} = Intensidad de precipitación para cualquier período de retorno en mm/h.

I_{dTR} = Intensidad diaria para un periodo de retorno mm

TR= Período de retorno en años.

t= Tiempo de duración de la lluvia en minutos, se adopta 60 minutos.

n = coeficiente de rugosidad (0,022).

S = Área mojada, adoptamos b = 0,3 m y d = 0,4 m

Rh = Radio hidráulico, para sección rectangular $Rh = (S/8)^{1/2}$

V= Velocidad media de percolación en cm/seg.

P= Porosidad del medio granular, valor entre 0,40 y 0,50, se adopta 0,4.

J= Pendiente del dren en m/m.

E1 = Eficiencia de remoción de DQO.

W = Carga de DQO Kg/día.

V = Volumen del filtro m³.

F = Factor de recirculación.

E2 = Eficiencia de remoción de DQO del segundo filtro.

W' = Carga de DQO Kg/día (segundo filtro).