

**“SIMULACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA COMO LIXIVIADO Y BIOGÁS
A TRAVÉS DEL PROGRAMA MODUELO 2.0 EN EL RELLENO SANITARIO
DE “LA PARAGÜITA” DEL MUNICIPIO “JUAN JOSÉ MORA”
ESTADO CARABOBO”**



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“SIMULACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA COMO LIXIVIADO Y BIOGÁS
A TRAVÉS DEL PROGRAMA MODUELO 2.0 EN EL RELLENO SANITARIO
DE “LA PARAGÜITA” DEL MUNICIPIO “JUAN JOSÉ MORA”
ESTADO CARABOBO”**

Tutor académico:

Prof. Msc. Celeste Fernández

Tutor industrial:

Ing. Msc. Gerdi Chassaigne

Autor:

Yaismery Rondón Soler

C.I.: V-14.086.043

Valencia, abril de 2009



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“SIMULACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA COMO LIXIVIADO Y BIOGÁS
A TRAVÉS DEL PROGRAMA MODUELO 2.0 EN EL RELLENO SANITARIO
DE “LA PARAGÜITA” DEL MUNICIPIO “JUAN JOSÉ MORA”
ESTADO CARABOBO”**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la
Ilustre Universidad de Carabobo, para optar
al título de Ingeniero Químico

RONDÓN SOLER, YAISMERY

Valencia, abril de 2009



UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de Grado Titulado: **"SIMULACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA COMO LIXIVIADO Y BIOGÁS A TRAVÉS DEL PROGRAMA MODUELO 2.0 EN EL RELLENO SANITARIO DE "LA PARAGÜITA" DEL MUNICIPIO "JUAN JOSÉ MORA" ESTADO CARABOBO"**, realizado por la Bachiller Yaismery Rondón Soler, C.I.: 14.086.043, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo y que no nos hacemos responsables de su contenido, pero lo encontramos correcto en su forma y presentación.

Prof. Celeste Fernández
Presidente

Prof. Tony Espinoza
Jurado

Prof. Auxilia Mallia
Jurado

Valencia, abril de 2009.



AGRADECIMIENTOS

Gracias Señor, tu eres mi ayuda, tu eres mi fuerza, mi corazón está agradecido de Ti, me has rodeado con tu misericordia, cuando sentí que no podía más, Tu Palabra sostuvo mi vida, y Tu permitiste a todas estas personas sin cuya ayuda este trabajo no hubiese sido posible, bendícelos Padre, gracias por ellos. Mil gracias Señor.

A mi tutora Industrial Ing. Gerdi Chassaigne por la orientación aportada para la realización este trabajo especial de grado, por su amistad, comprensión y apoyo. A mi tutora académica Prof. Celeste Fernández, por la orientación brindada y por su disposición para guiar la elaboración de este trabajo.

A la Universidad de Cantabria y el Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, por el acuerdo de colaboración establecido para el uso del programa MODUELO 2.0.

A la Dra. Amaya Lobo García de Cortázar que en la distancia ha sido pilar fundamental para realizar este trabajo, gracias Dra. Amaya por su orientación y ayuda.

Al Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana en especial al Mayor Ramón Velásquez y Teniente Anselmi Eddy por haber facilitado los datos climáticos, los cuales eran indispensables para ejecutar la simulación.

Al Lic. Castellanos gerente encargado del relleno sanitario de “La Paragüita” por la información y la colaboración aportada, y por el suministro de los datos morfológicos y estadísticos de la producción de desechos.

A la Directora de la Escuela de Ingeniería Química, Prof. Olga Martínez, gracias profesora, por su apoyo en momentos cruciales para la elaboración de este trabajo.



AGRADECIMIENTOS



A Jeselen Arias y al Ing. José Francisco Álvarez por la colaboración prestada en la comprensión del aspecto morfológico de este trabajo y por su trabajo en la digitalización de los planos.

Gracias a mi hija Sharon y a mi esposo José Francisco, por tanto apoyo, por tanta espera, por tanto amor, gracias mis amores.

Gracias a mis papá, Rodrigo Rondón, por creer en mí siempre, a veces más que yo misma, gracias por el apoyo y por guiarme siempre.

Aunque ausente ya físicamente, estoy agradecida de mi madre, Felipa Soler, la mujer que me dio la vida y cuidó de mí tantos años, me has hecho falta en momentos así, cuando nació Sharon pensé y lo sigo haciendo, que si hubieras vivido 1000 años, no alcanzarían para darte las gracias mamá. Gracias a mi Dios por el tiempo que tuvimos tu amor y tu presencia con nosotros y por el ejemplo de fe que nos dejaste.

Gracias a mis hermanas, Marge, Yami, Lili, Mailyn y Mari, que son ejemplo, son ayuda, son alegría, son un oído caminando y fortaleza en tiempos difíciles, las amo mis manas bellas. Gracias a mis amigas y hermanas: Nidia, Kenny, Yuset y Jeselen, han sido un regalo de Dios, en esta carrera, compartimos tanto en estos pasillos y fuera de ellos, sin ustedes no habría sido igual mi transitar por esta Universidad, y sobre todo por esta universidad de la vida, gracias amigas, las quiero mucho.

Gracias a mis suegros, señora María Argelia Montero y señor José Alvarez, por su apoyo y ayuda, por estar allí siempre.

A “La Casa de mi Padre”, a cada uno de los que oraron por mí cuando el camino fue cuesta arriba, para poder terminar este trabajo, gracias Iglesia.

Yaismery Rondón Soler



DEDICATORIA

Señor Jesucristo, a ti dedico mi vida entera, cada segundo de mi existir, eres mi respirar, las promesas de Tu Palabra han sostenido mi vida.

A mis padres: a la memoria de mi madre, Felipa Soler, cada instante es más cercano el día de volver a vernos, para alabar y bendecir eternamente al Padre Eterno.

A mi papá, Rodrigo Rondón, te amo papi, eres el mejor, has sido uno de los mayores motivos que he tenido para terminar esta carrera.

A mi princesa hermosa: Sharon Maily, hija, eres una bendición en mi vida, motivo de inspiración y razón de luchar y levantarme cada día.

José Francisco, esposo mío, mi complemento, eres mi ejemplo amor, de que sí podemos, de que con nuestro esfuerzo y la bendición del Padre, alcanzamos grandes cosas, porque en DIOS haremos proezas. Te amo cariño. Aún eres mi príncipe de cuentos y hasta siempre lo serás.

“Santo, Santo, Santo es El Señor, la sabiduría te pertenece Dios, eres el alfa y la omega, principio y fin, todo lo que existe es por Ti”

Yaismery Rondón Soler



RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue simular la contaminación generada como lixiviado y biogás a través del programa MODUELO 2.0 en el relleno sanitario de “La Paragüita” del municipio “Juan José Mora” estado Carabobo, con el fin de conocer el comportamiento en el tiempo del proceso contaminante que ocurre en dicho relleno, para luego realizar propuestas que permitan dar solución al impacto ambiental ocasionado en la zona.

Los resultados obtenidos señalan que el volumen de lixiviado generado en el intervalo de simulación es de 33.971,7 m³, este lixiviado presenta una DBO máxima de 14.364,39 mg/l y DQO de 18.559,48 mg/l. El volumen total de biogás generado (CH₄ y CO₂) de 4.217.364 m³. Además la cantidad de desechos colocados desde enero de 1993 hasta enero de 2007 fue de 778.110 toneladas aproximadamente, de los cuales 83,60% constituyen material orgánico. Entre las conclusiones más relevantes se tiene que los resultados de la simulación en cuanto al tiempo de colocación de las celdas, volumen y toneladas de los desechos, coinciden con los esperados, la composición del biogás total generado es 76,33 % CO₂ y 23,67% CH₄, la recirculación es el proceso de tratamiento más apropiado a aplicar en “La Paragüita” para manejar los lixiviados, el biogás generado en el relleno sanitario estudiado puede convertirse en energía eléctrica, utilizando una microturbina de 30 kW y que la evaporación de lixiviados debe evaluarse como alternativa para eliminación de este líquido.

Dentro de las recomendaciones más importantes se planteó realizar la simulación con MODUELO 2.0 con datos climáticos más completos y en rellenos sanitarios donde exista en las cercanías estación meteorológica, o en el propio relleno se realice un registro de datos climatológicos, realizar caracterizaciones del lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” a nivel de laboratorio con el fin de proponer el diseño de sistema de tratamiento de lixiviados.



ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN	1
<hr/>	
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
<hr/>	
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	6
1.2.1 Situación actual.	7
1.2.2 Situación deseada.	7
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	7
1.3.1 Objetivo General.	7
1.3.2 Objetivos Específicos.	8
1.4 JUSTIFICACIÓN.	8
1.5 LIMITACIONES.	9
<hr/>	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
<hr/>	
2.1 ANTECEDENTES.	10
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	15
<hr/>	
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	
<hr/>	
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.	32
3.2 METODOLOGÍA.	33
3.2.1 Determinación de las variables requeridas por el programa con la finalidad de obtenerlas e introducirlas al software de simulación.	33
3.2.2 Estimación de la cantidad de material orgánico depositado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, con el propósito de definir esta variable influyente en la contaminación generada.	34



ÍNDICE GENERAL (Continuación)

	<i>Página</i>
3.2.3	Determinación a través de la simulación con el software MODUELO 2.0 de la cantidad de lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, así como su composición, con el fin de conocer su volumen y comportamiento en el tiempo. 35
3.2.4	Determinación a través de la simulación con el software MODUELO 2.0 de la cantidad de biogás generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, así como su composición, con el fin de conocer su volumen y comportamiento en el tiempo. 37
3.2.5	Proposición de alternativas de disposición final del lixiviado y uso del biogás, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental generado en las zonas adyacentes al relleno sanitario de “La Paragüita”. 38
<hr/> CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN <hr/>	
4.1	Estimación de la cantidad de material orgánico depositado en el relleno sanitario de “La Paragüita”. 39
4.1.1	Caracterización del residuo vertido. 39
4.1.2	Determinación del total de desperdicios orgánicos depositados en el período 1993-2007. 41
4.2	Resultados de la simulación con MODUELO 2.0 relacionados a la producción de desechos. 47
4.3	Cantidad y composición de lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” según la simulación con el software MODUELO 2.0. 48
4.3.1	Cantidad de lixiviados generados 49
4.3.2	DBO Y DQO del lixiviado generado. 54
4.4	Cantidad y composición del biogás generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” según la simulación con el software MODUELO 2.0. 59
4.4.1	Volumen total del biogás generado. 60
4.4.2	Volúmenes de metano y dióxido de carbono generados en el intervalo de simulación. 64



ÍNDICE GENERAL

(Continuación)

Página

CAPÍTULO V. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		70
5.1	Proposición de alternativas de disposición final del lixiviado y uso del biogás en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	70
5.1.1	Posibles tecnologías a utilizar para el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	70
5.1.2	Selección de la mejor alternativa de tratamiento de lixiviados a aplicar en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	77
5.1.3	Principales tecnologías utilizadas para el uso o neutralización de biogás.	80
5.1.2	Selección de la mejor alternativa de disposición de biogás a aplicar en el relleno sanitario de “La Paragüita”	83
APÉNDICES		
APÉNDICE A	DATOS DE PRODUCCIÓN DE DESECHOS	97
APÉNDICE B	DATOS CLIMÁTICOS	112
APÉNDICE C	DATOS MORFOLÓGICOS	153
APÉNDICE D	FICHEROS DE SIMULACIÓN	158
APÉNDICE E	MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL RELLENO SANITARIO “LA PARAGÜITA”	162
APÉNDICE F	MANUAL DEL USUARIO MODUELO	166



ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO IV		Página
Tabla 4.1.	Distribución porcentual de los desperdicios orgánicos depositados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	41
Tabla 4.2.	Toneladas anuales de desperdicios orgánicos depositados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	43
Tabla 4.3.	Toneladas anuales de desperdicios orgánicos rápidamente degradables, según la clasificación MODUELO 2.0, depositados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	44
Tabla 4.4.	Toneladas anuales de desperdicios orgánicos lentamente degradables, según la clasificación MODUELO 2.0, depositados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	45
Tabla 4.5.	Toneladas anuales de desperdicios orgánicos inertes, según la clasificación MODUELO 2.0, depositados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	46
CAPÍTULO V		
Tabla 5.1.	Matriz de decisión de alternativas de tecnologías para el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	77
Tabla 5.2.	Comparación de costos de la diferentes tecnologías utilizadas en el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios	78
Tabla 5.3	Potencial de generación de energía neto utilizando motores de combustión interna y turbinas de ciclo combinado	84



ÍNDICE DE TABLAS

(Continuación)

APÉNDICE A

Tabla A.1.	Caracterización del residuo en los municipios Silva, monseñor Iturriza, Cacique Manaure y Acosta, del estado Falcón según el estudio realizado por Espinoza (2003)	97
Tabla A.2.	Caracterización del residuo para los municipios Puerto Cabello y Juan José Mora del estado Carabobo según el análisis sectorial de residuos sólidos OPS (1999)	98
Tabla A.3.	Caracterización de residuos y desechos sólidos en el estado Guárico según estudio MARN (2006).	98
Tabla A.4.	Caracterización adoptada en MODUELO 2.0 para el residuo vertido en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	99
Tabla A.5.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1993.	100
Tabla A.6.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1994.	100
Tabla A.7.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1995.	101
Tabla A.8.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1996.	101
Tabla A.9.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1997.	102
Tabla A.10.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1998.	102



ÍNDICE DE TABLAS

(Continuación)

Tabla A.11.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 1999.	103
Tabla A.12.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “la Paragüita” durante el año 2000.	103
Tabla A.13.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2001.	104
Tabla A.14.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2002.	104
Tabla A.15.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2003.	105
Tabla A.16.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2004.	105
Tabla A.17.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2005.	106
Tabla A.18.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2006.	106
Tabla A.19.	Residuos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el año 2007.	106
Tabla A.20.	Población de los municipios Puerto Cabello y “Juan José Mora” según los censos 1971, 1981, 1990 y 2001.	106
Tabla A.21.	Crecimiento interanual de la población de los municipios Puerto Cabello y “Juan José Mora”	108
Tabla A.22.	Población promedio total para los años 1993 a 2007, en los municipios puerto cabello y “Juan José Mora”.	108
Tabla A.23.	Producción total de desperdicios vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” considerando el crecimiento interanual de producción de residuos (6,65%).	109
Tabla A.24.	Producción total de desperdicios vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita” considerando el crecimiento poblacional promedio (2,25%) y la producción de 0,664 kg/hab/día.	109



ÍNDICE DE TABLAS

(Continuación)

Tabla A.25.	Crecimiento interanual de la producción de desechos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita”	111
<hr/> APÉNDICE B <hr/>		
Tabla B.1.	Valores de humedad relativa, temperatura media diaria, velocidad del viento e insolación diaria, utilizados como datos climáticos en la simulación con MODUELO 2.0, para el relleno sanitario de “La Paragüita”.	112
Tabla B.2.	Valores de precipitación horaria utilizados como datos climáticos en la simulación con MODUELO 2.0, para el relleno sanitario de “La Paragüita”.	124
Tabla B.3.	Precipitación total anual utilizada como datos climáticos para la simulación de la contaminación generada en el relleno sanitario de “La Paragüita” con MODUELO 2.0.	152
<hr/> APÉNDICE C <hr/>		
Tabla C.1	Dimensiones y volumen de las fosas construidas en el relleno sanitario de “La Paragüita” durante el intervalo de simulación.	156
Tabla C.2	Determinación previa del número de celdas vertedero (V) que debe contener cada fosa para la construcción de la malla de simulación (.mrf)	157



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

		<i>Página</i>
Figura 2.1.	Relleno sanitario operado con equipo pesado	17
Figura 2.2.	Método de trinchera para construir un relleno sanitario	19
Figura 2.3.	Método de área para construir un relleno sanitario	20
Figura 2.4.	Método de rampa para construir un relleno sanitario	21

CAPÍTULO IV

Figura 4.1.	Generación de lixiviados durante los años 1993, 1994 y 1995	51
Figura 4.2.	Generación de lixiviados durante los años 1996, 1997 y 1998	51
Figura 4.3.	Generación de lixiviados durante los años 1999, 2000 y 2001.	52
Figura 4.4.	Generación de lixiviados durante los años 2002, 2003 y 2004	52
Figura 4.5.	Generación de lixiviados durante los años 2005, 2006 y 2007.	53
Figura 4.6.	DBO, DQO del lixiviado generado durante los años 1993, 1994 y 1995.	55
Figura 4.7.	DBO, DQO del lixiviado generado durante los años 1996, 1997 y 1998.	55
Figura 4.8.	DBO, DQO del lixiviado generado durante los años 1999, 2000 y 2001.	56



ÍNDICE DE FIGURAS

(Continuación)

		<i>Página</i>
Figura 4.9.	DBO, DQO del lixiviado generado durante los años 2002, 2003 y 2004.	56
Figura 4.10.	DBO, DQO del lixiviado generado durante los años 2005, 2006 y 2007	57
Figura 4.11.	Biogás total generado durante los años 1993, 1994 y 1995.	61
Figura 4.12.	Biogás total generado durante los años 1996, 1997 y 1998.	62
Figura 4.13.	Biogás total generado durante los años 1999, 2000 y 2001.	62
Figura 4.14.	Biogás total generado durante los años 2002, 2003 y 2004	63
Figura 4.15.	Biogás total generado durante los años 2005, 2006 y 2007	63
Figura 4.16.	CH ₄ y CO ₂ generados durante los años 1993, 1994 y 1995.	64
Figura 4.17.	CH ₄ y CO ₂ generados durante los años 1996, 1997 y 1998.	65
Figura 4.18.	CH ₄ y CO ₂ generados durante los años 1999, 2000 y 2001.	65
Figura 4.19.	CH ₄ y CO ₂ generados durante los años 2002, 2003 y 2004.	66
Figura 4.20.	CH ₄ y CO ₂ generados durante los años 2005, 2006 y 2007.	66



ÍNDICE DE FIGURAS
(Continuación)

CAPÍTULO IV

		<i>Página</i>
Figura 5.1.	Esquema de recuperación de biogás en un relleno sanitario	85
Figura 5.2.	Relleno sanitario con recuperación de biogás utilizando microturbinas	86

APÉNDICE C

Figura C.1.	Plano topográfico inicial del relleno sanitario de “La Paragüita”	153
Figura C.2.	Plano en AUTOCAD del relleno sanitario “La Paragüita”, con la ubicación de las diferentes fosas construidas desde 1993 hasta 2007.	154
Figura C.3.	Vista de planta y perfiles de la malla del relleno sanitario de “La Paragüita”, en el programa MODUELO 2.0.	155

APÉNDICE E

Figura E.1.	Imagen satelital del relleno sanitario de “La Paragüita”	160
Figura E.2.	Construcción de fosa en el relleno sanitario de “La Paragüita”.	161
Figura E.3.	Colocación de geomembrana en fosa del relleno sanitario de “La Paragüita”.	161
Figura E.4.	Laguna a la entrada del relleno sanitario de “La Paragüita”	162
Figura E.5.	Incendio ocurrido en “La Paragüita” en febrero del 2008	162
Figura E.6.	Comunidades que habitan las adyacencias del relleno sanitario de “La Paragüita”	163



INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las problemáticas que afecta a la humanidad es la generación de residuos sólidos municipales; como solución a este problema se han diseñado los rellenos sanitarios, que son instalaciones donde se pretende disponer de forma ambientalmente amigable los desechos producidos por la población. Sin embargo en este tipo de instalaciones persisten problemas como la generación biogás y lixiviados, así como de vectores transmisores de enfermedades, entre otros. Este trabajo permitirá simular la contaminación generada como lixiviado y biogás a través del software MODUELO 2.0 en el relleno sanitario de “La Paragüita” el cual se encuentra ubicado en el municipio “Juan José Mora” estado Carabobo.

En atención a esta situación, la presente investigación pretende ser un punto de partida para generar soluciones que permitan mitigar el impacto ambiental generado en las cercanías de los municipios Puerto Cabello y “Juan José Mora”, dado que la simulación a realizar con el software MODUELO 2.0 permitirá tener conocimiento del comportamiento asociado a la generación de gases y lixiviados, a través del tiempo, en base a esto proponer alternativas para dar soluciones definitivas al problema planteado.

Para llevar a cabo el proceso metodológico de esta investigación, se hizo uso de una secuencia de pasos lógicos que comenzó con la determinación de las variables requeridas por el programa, seguidamente se realizó una estimación de la cantidad de material orgánico depositado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, a continuación se determinó, a través de la simulación con el software MODUELO 2.0, la cantidad de lixiviado generado y su composición, de la misma forma se llevó a cabo la determinación, a través de la simulación, de la cantidad de biogás generado y su composición, para finalmente realizar las propuestas de alternativas de disposición final del lixiviado y uso del biogás, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental generado en las zonas adyacentes al relleno sanitario de “La Paragüita”.



La investigación está estructurada en cinco capítulos. El Capítulo I constituye el planteamiento del problema, objetivo general y los objetivos específicos, el Capítulo II reseña las bases teóricas y antecedentes que sustentan dichos objetivos, el Capítulo III señala la metodología seguida para la realización de este trabajo, en el Capítulo IV se presentan los resultados y las discusiones de los resultados, el Capítulo V exhibe las propuestas de alternativas de solución ambiental para disposición final de lixiviado y uso de biogás. Por último, se muestran las conclusiones del trabajo y algunas recomendaciones que podrían servir para posteriores investigaciones.

La realización de este estudio tiene gran importancia a nivel social y ambiental ya que va orientado a solucionar el problema de generación de lixiviados y biogás que afecta a dos importantes municipios del estado Carabobo, como los son Puerto Cabello y “Juan José Mora”, además puede tomarse como punto de partida para futuras investigaciones que permitan mejorar la gestión de residuos sólidos municipales en nuestro país.



CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta sección se presenta el planteamiento del problema así como los diferentes aspectos que justifican el desarrollo de esta investigación, los objetivos y limitaciones de la misma.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la mayoría de las grandes ciudades el acelerado crecimiento demográfico ocasiona un incremento en la demanda de servicios de limpieza, así como la generación de elevadas cantidades de residuos sólidos. Para la disposición final de éstos actualmente se utiliza lo que se llama un relleno sanitario, que es un sitio seleccionado adecuadamente para depositar los desechos sólidos no peligrosos de origen doméstico, comercial e industrial, evitando así su dispersión y minimizando los focos de infección. Los rellenos sanitarios presentan algunos problemas producto de la degradación de la materia orgánica presente en los desechos sólidos como son: la generación de gases formados a partir de la descomposición de los ácidos orgánicos (biogás) y líquidos con altas concentraciones de ácidos orgánicos y gran cantidad de sustancias que originalmente estaban dentro del residuo, este líquido recibe el nombre de lixiviado y es altamente contaminante.

El proceso de construcción de un relleno sanitario incluye la preparación del sitio. Se coloca al fondo de la fosa el equipo colector de lixiviados y se coloca drenaje para su contención, se incorpora un sistema de tuberías para el control de gases, así como una capa impermeable o geomembrana para evitar la contaminación hacia los mantos freáticos. Cuando el sitio ha sido preparado el siguiente paso es el depósito de los desechos.

Los lixiviados pueden definirse como un líquido que percola a través de los desechos sólidos y que extrae a los materiales suspendidos. Los lixiviados de los



desechos sólidos urbanos son líquidos caracterizados por sus valores extremos de pH, DQO, DBO₅ y metales pesados, así como un mal olor; variando estas características según la composición de la basura y el clima. Los lixiviados son originados por la percolación de agua a través de los desechos, la cual a su paso va disolviendo los elementos presentes en éstos, resultando un líquido altamente agresivo al ambiente. Por esta razón son considerados el agente contaminante más significativo de un relleno sanitario.

Los rellenos de basuras no son masas inertes sino en permanente actividad, que producen también biogás como resultado de la descomposición de la materia orgánica presente en los desechos. Cuando el contenido orgánico es alto, lo cual es común en países subdesarrollados y existe también elevada humedad, los gases comienzan a generarse muy rápidamente, e inclusive pueden presentarse incendios. Tchobanoglous (1993), plantea la ecuación general de la reacción anaeróbica que debe tener lugar en la descomposición de las basuras, así:



Es conocido que en Venezuela el manejo de los desechos sólidos municipales se fundamenta en tres pasos simples; generación, recolección y disposición final, se reconoce de igual manera la necesidad de mejorar e invertir en el sistema de recolección como la medida inmediata para retirar los desechos sólidos de las calles, quedando rezagado y poco conocido el método de disposición final, administrado en el caso de los municipios Puerto Cabello y Juan José Mora, bajo la figura de mancomunidad establecida en la Ley Orgánica del Poder Público Municipal, el relleno sanitario se encuentra ubicado en el sector llamado “La Paragüita”, frente a Planta Centro, municipio Juan José Mora del estado Carabobo; dicho sector corresponde al límite geográfico entre los municipios Puerto Cabello y Juan José Mora, el terreno está ubicado a 14 km y a 4 km de las ciudades de Puerto Cabello y Morón respectivamente. Las áreas internas del relleno se encuentran divididas o sectorizadas en 7 terrazas, con



capacidad de entre 13 y 26 celdas cada una. Hasta la fecha, el relleno sanitario es la técnica que mejor se adapta a nuestra región para disponer de manera sanitaria los desechos, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Debido a la falta de un sistema de tratamiento en el relleno sanitario de “La Paragüita”, el lixiviado generado en el relleno sanitario es recirculado. Este método consiste en recoger el lixiviado y recircularlo a través del relleno, donde en las primeras etapas de funcionamiento del relleno, el lixiviado contendrá cantidades importantes de DBO, DQO, nutrientes y metales pesados. Cuando se recircula el lixiviado, se diluyen y atenúan los compuestos producidos por la actividad biológica y por reacciones físicas y químicas que se producen dentro del vertedero, la recirculación también ayuda en el proceso de compactación de los desechos sólidos y de esta manera le confiere una mayor capacidad a las fosas. Para prevenir impactos adversos al medio ambiente producidos por los lixiviados, es necesario determinar el volumen y la concentración de estos, a fin de poder implementar un tratamiento adecuado de los mismos. Es de esperar que en el transcurrir del tiempo y debido a la recirculación de los lixiviados se atenúe la presencia de factores contaminantes. En el caso de “La Paragüita” la evolución del comportamiento del lixiviado no ha sido objeto de investigación hasta la fecha.

En cuanto al biogás generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, como se mencionó anteriormente, durante la construcción de cada fosa se colocan las tuberías que permiten evacuar del interior de la masa de residuos estos gases que incrementan la presión interna del relleno sanitario. Pudieran aplicarse técnicas de recuperación de gas metano en rellenos sanitarios que reciben más de 200 toneladas diarias de basura, lo que constituye una fuente alternativa de energía, y significaría una disminución del impacto ambiental generado.

Todo efluente líquido debe estar regulado por el decreto 883 del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, se desconoce si el lixiviado presente en las diferentes fosas del relleno sanitario cumple con las restricciones ambientales mínimas



establecidas. Si pudiera conocerse el comportamiento a través del tiempo y debido a la recirculación, así como el volumen de lixiviado y biogás generado, existiría un punto de partida para desarrollar propuestas que permitan mitigar el impacto ambiental que significa la disposición de desechos sólidos y en consecuencia la generación de lixiviados y biogases en el relleno sanitario de “La Paragüita”.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desde la puesta en funcionamiento del relleno sanitario de “La Paragüita” del municipio “Juan José Mora” del estado Carabobo hasta la fecha, no se ha realizado ninguna investigación acerca del comportamiento del lixiviado a través del tiempo que permita conocer las variaciones en los constituyentes y el volumen generado del mismo, y a partir de esto establecer un precedente, que permita desarrollar una propuesta de tratamiento de lixiviados que se ajuste a la problemática existente.

Además es necesario realizar una estimación del volumen y composición del biogás que se genera en el relleno sanitario con el fin de establecer si estos gases pudieran tener usos alternativos. Tomando en cuenta esta situación, se considera la posibilidad de simular el proceso ambiental que tiene lugar en un relleno sanitario, y con estos resultados establecer las bases preliminares para proponer soluciones que garanticen el debido manejo y disposición final del lixiviado y biogás generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”.

1.2.1. SITUACIÓN ACTUAL

La puesta en funcionamiento del relleno sanitario “La Paragüita” ha mejorado la problemática de la disposición final de los desechos sólidos de los municipios “Juan José Mora” y Puerto Cabello, sin embargo persisten problemas en cuanto a las condiciones y disposición final del lixiviado presente en las diferentes fosas, así como la generación de gases.



1.2.2. SITUACIÓN DESEADA

Conocer las características del lixiviado (volumen, DBO, DQO) y biogás (volumen, cantidades de CH_4 , CO_2 , O_2 , N_2 e H_2) y su comportamiento en el tiempo, permitirá establecer los antecedentes que conduzcan a propuestas de tratamiento y disposición final de lixiviados y gases, de manera que se pueda disminuir el impacto generado sobre el ambiente cubriendo de esta manera todas las etapas del manejo integral de desechos sólidos en el relleno sanitario “La Paragüita”.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Simular la contaminación generada como lixiviado y biogás a través del programa MODUELO 2.0 en el relleno sanitario de “La Paragüita” del municipio “Juan José Mora” Estado Carabobo, con el fin de conocer el comportamiento en el tiempo del proceso contaminante que ocurre en dicho relleno.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar las variables requeridas por el programa con la finalidad de obtenerlas e introducirlas al software de simulación.
2. Estimar la cantidad de material orgánico depositado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, con el propósito de definir esta variable influyente en la contaminación generada.
3. Determinar a través de la simulación con el software MODUELO 2.0 la cantidad de lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, así como su composición, con el fin de conocer su volumen y comportamiento en el tiempo.



4. Determinar a través de la simulación con el software MODUELO 2.0 la cantidad de biogás generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, así como su composición, con el fin de conocer su volumen y comportamiento en el tiempo.
5. Proponer alternativas de disposición final del lixiviado y uso del biogás, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental generado en las zonas adyacentes al relleno sanitario de “La Paragüita”.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Para llevar a cabo el trabajo presentado se requiere la obtención, comprensión y uso del software de simulación MODUELO 2.0 (Herramienta para la evaluación de la contaminación producida en vertederos de residuos sólidos urbanos), determinación y análisis de resultados, para dar cumplimiento a los objetivos que permitan aportar una solución viable a la problemática planteada

Hoy en día, la disposición final de los desechos sólidos urbanos es una problemática que aqueja a la población mundial debido al impacto ambiental que estos producen, esta investigación permitirá identificar las características del lixiviado y biogás, así como el volumen generado de los mismos, con lo cual se hará posible un conocimiento preliminar de estos factores contaminantes, con el fin de mitigar el impacto ambiental generado en las zonas cercanas al relleno sanitario de “La Paragüita”.

La Universidad de Carabobo, contará con un trabajo de investigación el área de Ingeniería Ambiental que brindará información acerca de la simulación de un proceso ambiental como lo es la evaluación de la contaminación producida en un vertedero de residuos sólidos urbanos a través del software MODUELO 2.0, sirviendo de antecedente y punto de partida para próximas investigaciones relacionadas con el tema.



Finalmente, este trabajo permitirá reforzar conocimientos y habilidades adquiridas durante la carrera, además de obtener experiencia en el desarrollo de una investigación y análisis de resultados que todo ingeniero requiere para ejercer satisfactoriamente su profesión.

1.5. LIMITACIONES

En la investigación a realizar se tienen limitaciones de tiempo; ya que la misma debe estar enmarcada en el tiempo que establece el reglamento interno para la elaboración de trabajos de grado y que no debe exceder de tres períodos lectivos. En cuanto a la información y recolección de datos en el sitio se debe realizar en el horario establecido por la Dirección del Relleno Sanitario y bajo las condiciones que estos establezcan. La obtención de datos meteorológicos que requiere el programa MODUELO 2.0 está limitada a la información que puedan brindar los entes encargados de manejar este tipo de datos.



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

En esta sección se resumen de manera detallada los trabajos nacionales e internacionales, realizados anteriormente que sirven de base o guía para llevar a cabo la presente investigación, en los cuales figuran los objetivos alcanzados, sus conclusiones, así como también las semejanzas y diferencias que presentan con respecto al proyecto a realizar.

2.1.1. Escandela, Eumerit y Zabala, Alicia (2007). Diseño de un plan de manejo de los desechos sólidos no peligrosos para mitigar el impacto ambiental en el relleno sanitario “La Paragüita” (Municipio Juan José Mora. Estado Carabobo). Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Valencia, Venezuela.

En esta investigación se analizó el manejo de los desechos sólidos no peligrosos en los municipios Juan José Mora y Puerto Cabello, se describió los principales impactos ambientales que generan las actividades evaluadas en el relleno sanitario y se propusieron medidas para el manejo de los desechos que mitiguen el impacto ambiental ocasionado. Para ello, se utilizó la calificación ambiental y la matriz de Leopold. Entre las conclusiones más relevantes se encuentran que el relleno sanitario de “La Paragüita” no cumple con los estándares operativos establecidos y que los lixiviados no son tratados adecuadamente por la carencia de sistema o planta de tratamiento.

Entre las semejanzas con el trabajo a realizar se tiene el estudio del manejo de los desechos vertidos en dicho relleno, lo cual se toma como punto de partida para la presente investigación, sin embargo no se realizó la determinación de los volúmenes de lixiviados y gases generados y sus características más importantes.



2.1.2. Espinoza Paz, Tony M (2006). **Propuesta para la disposición final de los desechos sólidos producidos en los municipios Silva, Monseñor Iturriza, Cacique Manaure y Acosta del estado Falcón.** Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Valencia, Venezuela.

En este trabajo se estudia el problema con la disposición final de los desechos sólidos de origen doméstico en los municipios Silva, Iturriza, Acosta y Cacique Manaure, del estado Falcón, se estima que a futuro este problema se agravará por el crecimiento poblacional esperado para los próximos cinco años debido a la gran cantidad de condominios existentes y en construcción. Se propone la evaluación de alternativas técnicamente factibles para dar solución al problema de la basura en la zona. El trabajo de investigación se inicia con un trabajo de campo siguiendo los procedimientos sugeridos por la EPA, el cual consistió en una etapa de recolección de datos de campo y toma de muestras, para su posterior caracterización, análisis y comparación con los resultados del informe previo realizado por CORFAL (1998). Entre los principales resultados obtenidos se tiene que la tasa de producción de desechos sólidos municipales es de unos 0,664 kg/hab/día.

Tomando en consideración que el trabajo mostrado como antecedente se realizó en una zona costera cercana a los municipios Juan José Mora y Puerto Cabello, se puede tomar este trabajo como punto de partida para la estimar la caracterización de los residuos, que son depositados en el relleno sanitario de “La Paragüita”.

2.1.3. Velasco, Juan A.; Rosas, Anabell; de la Rosa, Alejandro; Volke, Tania y Solórzano, Gustavo. (2005). **Caracterización de peligrosidad en lixiviados y biogás generados en un relleno sanitario de residuos sólidos municipales.** Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), Instituto Nacional de Ecología (INE). Iztapalapa, México.

Este estudio pretende aportar información sobre las características de los lixiviados de un relleno sanitario, para así contribuir en la clasificación y manejo



adecuados de las emisiones procedentes de este tipo de instalaciones. En cuanto a la metodología utilizada se tomaron muestras de lixiviados y biogás; los análisis de ambos tipos de muestra se llevaron a cabo en campo y en laboratorio. Todos los análisis se realizaron por duplicado. De la laguna de captación de lixiviados, se tomaron muestras por triplicado en recipientes de vidrio. En campo se analizó: pH, temperatura y conductividad con un conductímetro (*Conductronic* PC18), así como el oxígeno disuelto mediante un equipo YSI 55-12FT. En laboratorio se analizaron los contenidos de P, Na, K, Mg, Ca, nitratos y las características de peligrosidad señaladas en la NOM-052-ECOL-1993, siguiendo los métodos acreditados en el laboratorio del CENICA. Adicionalmente, se realizaron pruebas ecotoxicológicas con el uso de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) para obtener la dosis letal al 50% (LD_{50}). La técnica consiste en colocar un papel filtro (Whatman No.3) como soporte de humedad en cajas Petri, en donde se colocan 20 semillas por caja y se adicionan 5.5 ml de diferentes diluciones de la muestra problema y un control. Las semillas se dejan germinar a una temperatura de 25°C, por un periodo de 5 días. Finalmente se cuentan las semillas germinadas y la longitud de la radícula (OECD, 1984). De esta manera, con una curva dosis respuesta se calcula la LD_{50} . El ensayo se realizó por triplicado. De acuerdo con los resultados de las diferentes pruebas, los lixiviados de este sitio deben considerarse como un residuo no peligroso. Sin embargo, por el grado de toxicidad obtenido en los ensayos ecotoxicológicos con semillas de lechuga, es recomendable evitar su descarga directa a cuerpos de agua, para lo cual puede sugerirse su recirculación en el relleno sanitario (como se hace actualmente). De esta manera es posible acelerar la estabilización de los residuos y reducir la cantidad de lixiviados por el incremento en la evaporación dentro de las celdas del relleno.

Entre las semejanzas con la investigación a realizar se tiene que en ambas se consideran las características del lixiviado y biogás, se establece que el conocimiento de esta composición conduce a la generación de propuestas ambientalmente viables de tratamiento de los mismos. Sin embargo el trabajo mostrado, se realizó en forma puntual y experimental, mientras que en el trabajo en desarrollo se va a realizar



mediante una simulación, donde se puede apreciar el comportamiento del proceso contaminante en un amplio rango de tiempo.

2.1.4. Giraldo, Eugenio (2005). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Colombia.

La presente contribución revisa las tecnologías recientes para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios. Primero se hace una presentación de las principales características de los lixiviados desde el punto de vista del tratamiento que se pretende hacer, luego se hace una presentación crítica de las tecnologías que se han desarrollado recientemente para el tratamiento de los lixiviados de rellenos sanitarios. Se concluye con unas recomendaciones sobre las consideraciones que deben tenerse en cuenta a la hora de la selección de la tecnología del tratamiento de los lixiviados de los rellenos sanitarios, por ejemplo en el caso de la recirculación de los lixiviados existen serios cuestionamientos sobre sus efectos sobre la estabilidad geotécnica del relleno.

Al igual que en el trabajo presentado, se pretende desarrollar ideas de tratamiento de lixiviados que se ajusten a la problemática presente en el relleno sanitario de “La Paragüita”, esta vez luego de considerar los valores de DBO, DQO, volumen de lixiviado generado entre otros arrojados por la simulación a realizar.

2.1.5. Canino Rolón, Godofredo y Harris, Jeffrey (2004). Simulación de la generación de lixiviados en un relleno sanitario propuesto utilizando el modelo de computadoras HELP. Puerto Rico.

En este estudio se realiza la simulación de la producción de lixiviados en un relleno sanitario propuesto (llamado Campo sur), localizado en el municipio de Salinas, Puerto Rico. Para realizar esta simulación se utilizó el modelo para la Evaluación Hidrológica de Rellenos Sanitarios (HELP por sus siglas en inglés). Este modelo fue utilizado para simular la producción de lixiviados y así hacer un estimado preliminar del tamaño de la laguna de recolección de lixiviados y evaluar más detalladamente los



métodos a ser utilizados para su disposición final. Los resultados de las corridas del modelo utilizando la condición normal demostraron que el promedio de producción diaria máxima de lixiviados para Campo Sur será 32,202 gal/día, la cual ocurre a los 28 años de operación del relleno sanitario. La producción de lixiviados varía desde 6,150 gal/día en el primer año y luego disminuye hasta 8,588 gal/día en el año final.

Tanto en el antecedente presentado, como en el trabajo en desarrollo se realiza una simulación a través de programas diseñados para mejorar la gestión de rellenos sanitarios, y se estima la producción de lixiviados, destacando que en la investigación a realizar también se determinará el volumen de biogás generado y sus características.

2.1.6. Lobo García, Amaya. (2003). Desarrollo de MODUELO 2: Herramienta para la evaluación de la contaminación producida en vertederos de residuos sólidos urbanos. Universidad de Cantabria. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Santander. España.

En esta tesis se desarrolla una nueva versión de MODUELO, programa de simulación dinámica de vertederos de residuos urbanos en que viene trabajando desde 1998 el Grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria. El programa permite, a partir de datos topográficos, meteorológicos, de caracterización del residuo vertido y de explotación del vertedero, estimar la contaminación emitida en el lixiviado y como biogás. Para ello se crea una representación tridimensional del vertedero discretizado en capas formadas por celdas cuadradas, sobre la que se reproduce el historial de vertido. Para probar la incorporación en el programa MODUELO 2 de los nuevos algoritmos y su aplicabilidad a casos reales se han simulado dos vertederos modélicos en cuanto a su gestión y seguimiento: Meruelo I (Cantabria) y otro vertedero europeo cuyo organismo gestor prefiere que permanezca no identificado, motivo por el cual se ha denominado "X" en este trabajo. Los resultados de simulación hidrológica de Meruelo I con MODUELO 2 reproducen más adecuadamente los caudales de lixiviado infiltrado medidos en ese vertedero entre marzo y octubre de 1990, en comparación con



los modelos HELP y MODUELO 1. La serie de lluvias disponible, que no es completa, no permite alcanzar la misma aproximación a los caudales totales, debido a la importancia que tiene la penetración de aguas de lluvia en la red de evacuación. Con la parte hidrológica calibrada se comprueba el nuevo modelo de biodegradación contrastando sus resultados con los datos obtenidos en Meruelo I durante el mismo período y las tendencias generales que siguen distintas emisiones en vertederos según lo publicado por distintos autores. Se presenta además un análisis de sensibilidad a los parámetros de biodegradación, en el que se concluye que los que más influencia tienen sobre los resultados de producción de contaminación disuelta y biogás son las constantes de hidrólisis. Entre otras conclusiones importantes se tiene que el modelo representa adecuadamente las tendencias generales de evolución de los parámetros DQO, DBO, $N-NH_4^+$ y NTK en el lixiviado, de generación de biogás y de evolución de su composición publicadas por otros autores.

La afinidad más importante entre el antecedente presentado y el trabajo en desarrollo radica en que el software de simulación MODUELO 2 va a ser utilizado para la evaluación de la contaminación producida en el caso particular del relleno sanitario de “La Paragüita”, partiendo de la premisa que la aplicación del programa a otros casos reales ha sido satisfactoria.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación se describen de manera breve el software MODUELO 2.0, los principales métodos de explotación y funcionamiento de rellenos sanitarios de acuerdo al decreto 2216 y las normas de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), las principales características del relleno sanitario de “La Paragüita” así como los conceptos fundamentales sobre los que se argumenta esta investigación.



2.2.1. EL PROGRAMA MODUELO 2.0.

MODUELO es un programa de simulación dinámica de vertederos de residuos urbanos desarrollado desde 1998 por el Grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria. La primera versión del programa fue descrita por Herrero y Montero (1999), que presentan el manual de usuario (Apéndice F) y la descripción de los modelos empleados y por Lobo (2002).

El programa permite, a partir de datos topográficos, meteorológicos, de caracterización del residuo vertido y de explotación del vertedero, estimar la contaminación emitida en el lixiviado y como biogás. Para ello se crea una representación tridimensional del vertedero discretizado en capas formadas por celdas cuadradas, sobre la que se reproduce el historial de vertido. El modelo se estructura en dos módulos principales: el “hidrológico” y el de “degradación del residuo”. El primero calcula horariamente el balance superficial, el intercambio de humedad entre las celdas y la cantidad de agua que llega a las conducciones de lixiviado. Como resultado estima el volumen diario de lixiviado y establece las condiciones de humedad en cada celda, que sirven de dato al módulo de degradación. En este módulo se calcula la contaminación producida por biodegradación de la materia orgánica del residuo. Sus resultados son las cargas de contaminantes orgánicos biodegradables y no biodegradables en el lixiviado, las concentraciones de DQO y DBO, y el volumen y composición del biogás generado diariamente. (Lobo, 2003).

2.2.2. RELLENOS SANITARIOS

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su



volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado; desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación.

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. (OPS, 2002)

2.2.2.1. Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento. Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc. (figura 2.1).

2.2.2.2. Métodos de construcción de un relleno sanitario

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de



construir un relleno sanitario, según la Organización Panamericana para la Salud (OPS), que se describen a continuación:

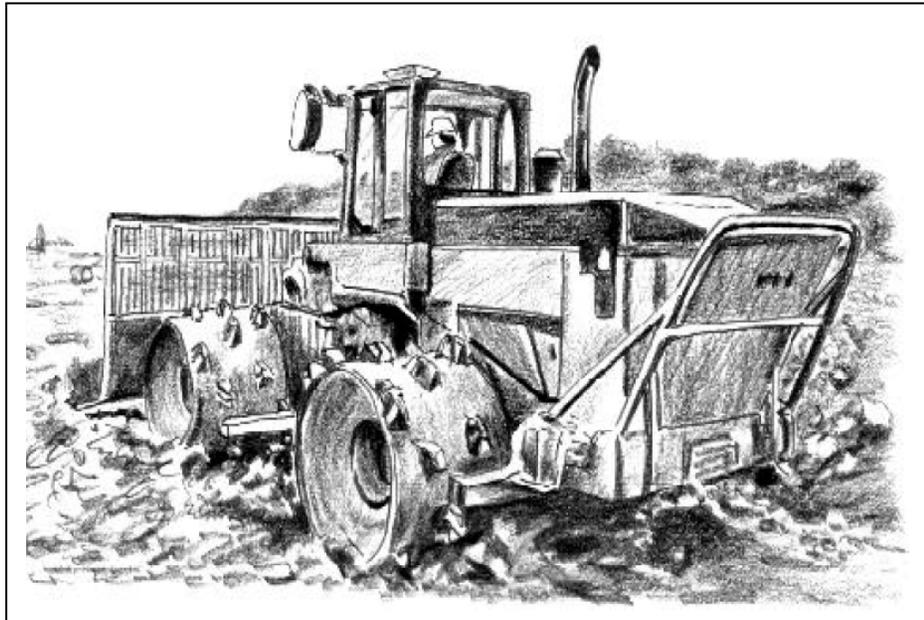


Figura 2.1. Relleno sanitario operado con equipo pesado.

FUENTE: Jaramillo (2002).

2.2.2.2.1. Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.



La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación (figura 2.2).

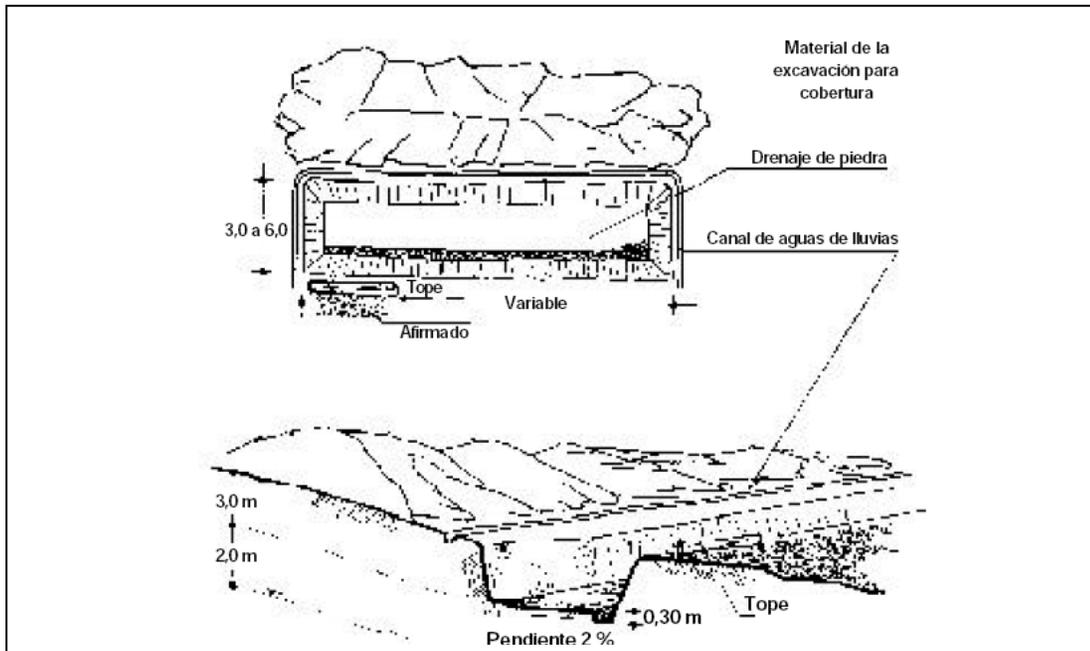


Figura 2.2. Método de trinchera para construir un relleno sanitario.
FUENTE: Jaramillo (2002).

2.2.2.2.2 Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de



acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (figura 2.3).

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5%.

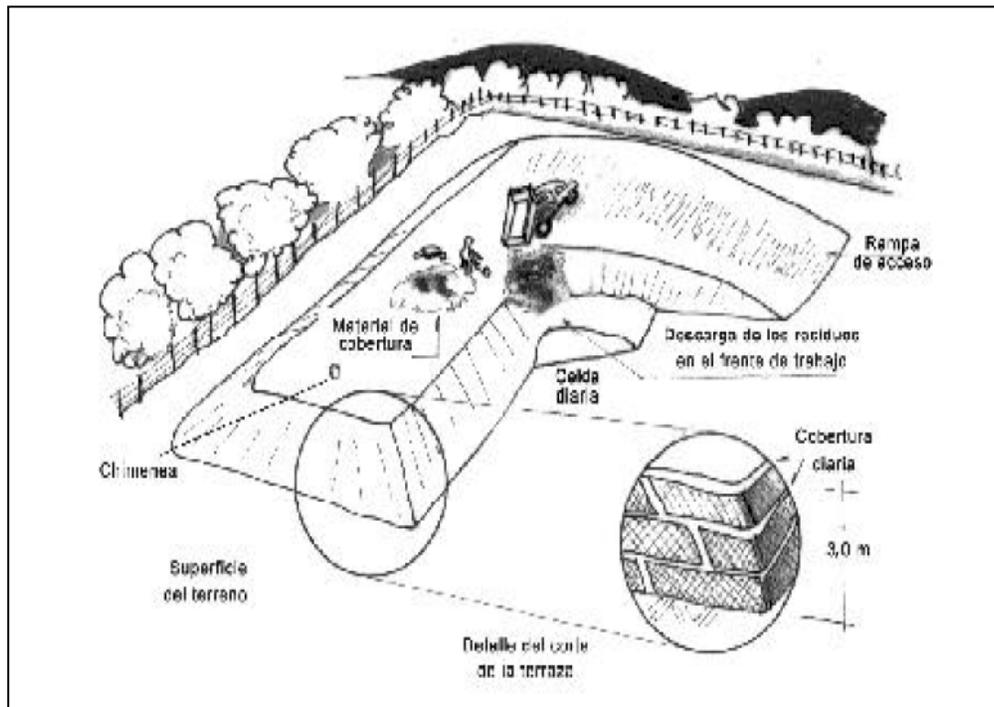


Figura 2.3. Método de área para construir un relleno sanitario
FUENTE: Jaramillo (2002).

2.2.2.2.3 Combinación de ambos métodos: Método de rampa.

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados (figura



2.4). Este se considera una variante de los métodos de área y zanja, los residuos se expanden y se compactan en la pendiente existente. Se excava material de cobertura directamente delante de los residuos y luego se les esparce sobre los mismos y se compacta. El área excavada se vuelve parte de la celda a ser trabajada el día siguiente.

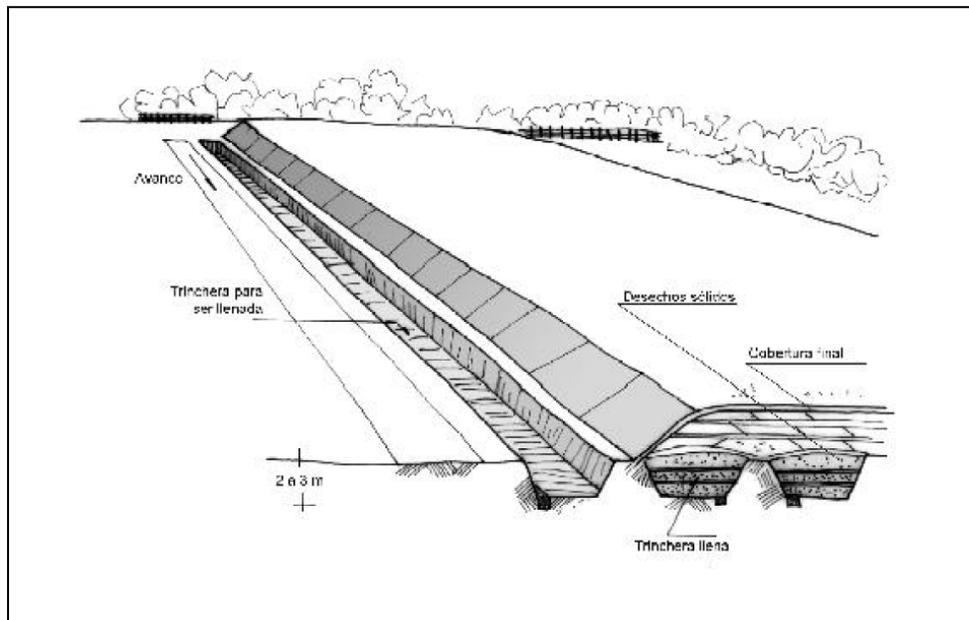


Figura 2.4. Método de rampa para construir un relleno sanitario
FUENTE: Jaramillo (2002).

2.2.2.3. Reacciones que se generan en un relleno sanitario

2.2.2.3.1 Cambios físicos, químicos y biológicos

Los RSM depositados en un relleno sanitario presentan una serie de cambios físicos, químicos y biológicos de manera simultánea e interrelacionada. Estos cambios se describen a continuación a fin de dar una idea de los procesos internos que se presentan cuando los residuos son confinados.

Cambios físicos. Los cambios físicos más importantes están asociados con la compactación de los RSM, la difusión de gases dentro y fuera del relleno sanitario, el ingreso de agua y el movimiento de líquidos en el interior y hacia el subsuelo, y con los



asentamientos causados por la consolidación y descomposición de la materia orgánica depositada.

El movimiento de gases es de particular importancia para el control operacional y el mantenimiento del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, lo que permite el ingreso de agua de lluvia al interior del relleno sanitario, lo que provoca mayor generación de gases y lixiviados. Lo anterior contribuye a que se produzcan hundimientos y asentamientos diferenciales en la superficie y que se desestabilicen los terraplenes por el mayor peso de la masa de desechos.

Reacciones químicas. Las reacciones químicas que ocurren dentro del relleno sanitario e incluso en los botaderos de basura abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos que se infiltran a través de la masa de RSM, la evaporación de compuestos químicos y agua, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción que afectan la disolución de metales y sales metálicas. (La importancia de la descomposición de los productos orgánicos reside en que estos materiales pueden ser transportados fuera del relleno sanitario o del botadero de basura con los lixiviados).

Reacciones biológicas. Las más importantes reacciones biológicas que ocurren en los rellenos sanitarios son realizadas por los microorganismos aerobios y anaerobios, y están asociadas con la fracción orgánica contenida en los RSM. El proceso de descomposición empieza con la presencia del oxígeno (fase aerobia); una vez que los residuos son cubiertos, el oxígeno empieza a ser consumido por la actividad biológica. Durante esta fase se genera principalmente bióxido de carbono. Una vez consumido el oxígeno, la descomposición se lleva a cabo sin él (fase anaerobia): aquí la materia orgánica se transforma en bióxido de carbono, metano y cantidades traza de amoníaco y ácido sulfhídrico.



2.2.2.3.2. Generación de líquidos y gases

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

Líquido lixiviado o percolado. La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado. Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los RSM, de ahí que sea importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación en las corrientes y nacimientos de agua y pozos vecinos.

Gases. Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los RSM, no solo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia.

La **aerobia** es aquella fase en la cual el oxígeno que está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados es consumido rápidamente.

La **anaerobia**, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario porque no pasa el aire y no existe circulación de oxígeno, de ahí que se produzcan cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en



volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir. Cuando el gas metano se acumula en el interior del relleno y migra a las áreas vecinas, puede generar riesgos de explosión. Por lo tanto, se recomienda una adecuada ventilación de este gas, aunque en los pequeños rellenos este no es un problema muy significativo.

2.2.2.4. Principios básicos de operación de un relleno sanitario

- Supervisión constante, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda, para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- La altura de la celda es otro factor importante a tener en cuenta; para el Relleno Sanitario manual, se recomienda una altura entre 1.0 m a 1.5 m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- Es fundamental el cubrimiento diario, con una capa de 0.10 a 0.20 m de tierra arcillosa o material similar
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.20 a 0.30 m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio. Desviar aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al Relleno Sanitario.
- Control y drenaje de lixiviados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural. (OPS, 2002)



2.2.2.5. Ventajas de un relleno sanitario

- El relleno sanitario, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es sin lugar a dudas la alternativa más conveniente para nuestros países. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.
- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: incineración o compost.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de la materia no susceptible a la descomposición.
- Pudieran aplicarse técnicas de recuperación de gas metano en rellenos sanitarios que reciben más de 200 ton/día, lo que constituye una fuente alternativa de energía. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.
- Recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, entre otros. (OPS, 2002)

2.2.3. EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”

El relleno sanitario “La Paragüita” se encuentra ubicado en un terreno de 54,3 ha adquirido por la Gobernación del estado Carabobo para el funcionamiento del mismo, es operado por la Mancomunidad de la Costa (MANCOSTA) para la disposición final de desechos sólidos de los municipios Puerto Cabello y Juan José Mora, desde el año 1993.



2.2.3.1. Características topográficas y geotécnicas

El relleno se extiende por suelos con pendientes variables cuya cota más alta es de 45 m hacia el lado sur, descendiendo hacia el norte hasta alcanzar las cotas entre 15 y 20 m. La topografía tanto al este como al oeste es similar, variando entre las cotas 15 y 25 con pendientes suaves que forman pequeñas lomas y ondulaciones. El terreno se ubica fuera de la zona de captación de aguas superficiales y subterráneas y no corresponde a ningún área para recarga de acuíferos, ya que estos distan varios kilómetros hacia el norte y oeste de dicha área.

La distribución de las áreas corresponde a un 53% sustancialmente arcillosa, se refiere a suelos muy impermeables e implican 28 ha, el 26% se distribuye en proporciones iguales de arcilla y arena arcillosa, los que califican como suelos impermeables, para un total de 14 ha, siendo que el 21% restante, es decir 11 ha, corresponden a suelos superficiales de arenas limosas, permeables. El basamento rocoso se encuentra a una profundidad por el orden de 6.0 m a 9.0 m, variando entre muy meteorizado a fresco. Los suelos superficiales son de origen aluvial y están constituidos fundamentalmente por arenas limosas y arcillosas, así como arcillas de baja plasticidad. El nivel freático no se encontró dentro de la profundidad explorada. La mayor cantidad de agua en la zona se produce por la precipitación y corre superficialmente modificando el relieve del terreno, no se detectaron aguas subterráneas. El pH del suelo comprende entre 6.0 y 7.0 que indica una ligera acidez, el coeficiente de permeabilidad de la arcilla que compone los suelos del relleno sanitario “La Paragüita” está alrededor de los 10^{-7} cm/seg, mientras que para las arenas limosas es de 10^{-4} cm/seg y para las arenas arcillosas 10^{-5} cm/seg. (INGEROCA, 1992).

2.2.3.2. Características hidrológicas

Fundamentado en la magnitud de las lluvias, el comportamiento en la región es semi-húmedo, con precipitaciones anuales en el orden de 600mm a 1200 mm en la época de sequía y 1200 mm a 2400 mm en la época de lluvias, el promedio mensual



corresponde a 83,5 mm y los meses de junio, julio y agosto son los más abundantes con precipitaciones estimadas de 119,5 mm, siendo marzo y abril los más bajos del año con promedio de 38,24 mm, para la zona del relleno sanitario “La Paragüita”, se tiene que para un periodo de cien años, la máxima precipitación esperada sería de 1500 mm aproximadamente. Los límites del sur del los terrenos del relleno sanitario “La Paragüita” reportan aguas de escurrimiento provenientes de la falda de la cordillera, esta franja límite muestra varios puntos de evacuación mediante canalización hacia los linderos laterales, la mayor cantidad de agua de la zona se produce por la precipitación y corre superficialmente modificando el relieve del terreno, la dirección de la corriente de agua corresponde a sur-norte. (SINGECOM, 1992).

2.2.3.3. Características meteorológicas, climáticas y de vegetación del relleno sanitario “La Paragüita”.

2.2.3.3.1. Clima predominante relleno sanitario “la Paragüita”

De acuerdo a la clasificación de KOEPPEN la región del relleno sanitario “La Paragüita” presenta dos tipos de clima; semiárido con vegetación xerófila, siendo la evaporación mayor a la precipitación y sabana húmeda con dos máximos de precipitación al año en junio y diciembre como consecuencia de la inversión de los vientos dominantes, por cuanto la demarcación sur del terreno se encuentra sobre la sierra y corresponde a un clima de sabana semi-húmeda con un solo máximo de precipitación que se prolonga hasta noviembre.

Se estima en función de esto y de la impermeabilidad de los estratos, que el balance hídrico fluctúa entre neutro y negativo, ya que no es factible la humectación masiva del suelo, debido a que el agua simplemente escurre por encima para desparramarse en las zonas bajas. (SINGECOM, 1992)



2.2.3.3.2. Temperatura de referencia relleno sanitario “La Paragüita”

El piso térmico que caracteriza a la región es tropical, a lo que corresponden temperaturas mayores a 24 °C. (SINGECOM, 1992).

2.2.3.3.3. Vientos predominantes en el relleno sanitario “La Paragüita”

En lo referente al viento, este sopla paralelo al lomo de la cordillera de la costa en dirección este-oeste, el 48% del tiempo se dirige hacia Morón con brisas moderadas de unos 20 kph. (SINGECOM, 1992).

2.2.3.3.4. Vegetación presente en el relleno sanitario “La Paragüita”.

La vegetación es moderada, lo que permite la deforestación a que haya lugar mediante simple empuje con las maquinarias de movimiento de tierra, la capa vegetal es somera, con un máximo observado de 40 cm, contemplados en ellos las raíces, puesto que estrictamente la tierra húmifera se presenta cercana a la nulidad en zonas con simple cobertura. (SINGECOM, 1992).

2.2.3.4. Datos de población de los municipios que constituyen la mancomunidad de la costa para la disposición final de desechos sólidos de origen doméstico (MANCOSTA).

El municipio Puerto Cabello de acuerdo al XIII Censo Nacional realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en el año 2001, tiene una población de 173.034 habitantes, agrupando el 9% de la población del estado Carabobo, en el mismo eje costero el segundo municipio en importancia es Juan José Mora, con 56,458 habitantes, entre ambos totalizan una población de 229.492 personas, esto indica que el 11.8 % de los habitantes del estado Carabobo residen en estos importantes municipios. La generación de desechos sólidos por día es de 111.16 toneladas aportadas por el municipio Puerto Cabello y 28.58 toneladas por Juan José Mora.



2.2.3.5. Procedimientos operacionales y de reciclaje que se llevan a cabo en el relleno sanitario de “La Paragüita”

1. Ingreso / inspección
2. Control de peso ingreso / egreso
3. Ingreso de vehículo en fosa / descarga en fosa
4. Salida de vehículo de fosa
5. Arrume de desechos
6. Compactación de desechos
7. Descarga de material de cobertura
8. Extensión y compactación de material de cobertura

El relleno sanitario se rige por las Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos, por ello cumple los principios básicos de operación exigidos en el decreto 2216 publicado en gaceta oficial 4418 del 27 de abril de 1992, a saber:

- Ubicación de los desechos
- Compactación de los desechos
- Cubrimiento de los desechos
- Accesibilidad y operatividad

El relleno sanitario “La Paragüita” aplica, de manera combinada y alternativa, los métodos conocidos y explicados con anterioridad:

- Método de área
- Método de rampa
- Método de trincheras
- Combinación de los anteriores



2.2.2.6. Descripción de procedimientos operativos en la disposición final de desechos sólidos de origen doméstico en el relleno sanitario “La Paragüita”.

De acuerdo a lo establecido en el manual de especificaciones técnicas del relleno sanitario “La Paragüita” elaborado por SINGECOM, 1992, los procedimientos de disposición final en el relleno cumplen la siguiente metodología:

- Dado que la fosa se divide en zanjas o celdas, las mismas tendrán dos (2) metros de alto ni menores a 0.60 metros, un ancho no mayor de cuatro (4) veces el tamaño de la pala de empuje, ni menor a dos (2) veces dicho valor (tomado del límite que exige la norma), tomaremos un ancho de zanja o celda de quince (15) metros; el largo variará de 150 a 200 metros para cada capa terminada.
- El frente de trabajo se saneará, mediante la colocación de los desechos dispersos fuera del área, así como de los desechos que lleguen, los cuales se empujan al fondo con la máquina, se compactaran cumpliéndose con los pases necesarios de máquina (mínimo 5 pases), para obtener la densidad requerida, conformando el talud de una celda.
- Los desechos deben extenderse, compactarse y cubrirse diariamente o cada vez que se cumpla con las dimensiones preestablecidas de la celda, es decir, no se dejarán a cielo abierto bajo ninguna circunstancia o expuestos a los desechos por más de 12 horas, esto con el fin de evitar la aparición de vectores que intervienen en el proceso de oxidación de los mismos, roedores, insectos, aves de rapiña, etc.
- El peso unitario compactado en promedio del desecho sólido estará en $\pm 700 \text{ kg/m}^3$, para lo cual se debe garantizar el uso de equipo recomendado en el manual y/o su equivalente.



- Los avances de la celda serán en promedio diario aproximado de 10 a 12 metros, esto está sujeto a la cantidad de material que ingrese para su disposición.
- El material de recubrimiento o cobertura debe ser excavado, acarreado, colocado y compactado en el lugar de préstamo local por el manejador de las operaciones contratado, este lo colocará a un lado de la celda a objeto de minimizar el traslado de la cobertura.
- El material cortado in situ será proporcionado para la cobertura de las celdas, para lo cual está previsto cubrir cuatro celdas de 2 metros de altura cada una (mínimo diario), las mismas serán recubiertas en su totalidad por una capa de material de tierra de 15 cm de espesor a fin de evitar el ingreso de escorrentías, se realizará a esta capa cinco (5) pases de máquina, quedando establecido que no quedará expuesto en ningún momento el material dispuesto.
- Al terminar la vida útil de la fosa se colocará una capa final de 60 cm de material impermeable y compactado.
- El desnivel que circunda el área se conformará con la utilización de maquinaria pesada nivelando la cota de superficie y colocando la capa de tierra negra de espesor de 20 cm mínimo que servirá de base para la colocación de especies vegetales.
- La superficie del relleno debe nivelarse periódicamente para eliminar las huellas dejadas por la maquinaria y llenar los huecos por asentamiento de los desechos.
- Las vías o rutas de descarga de los camiones deben nivelarse y conformarse periódicamente y/o cuando el fiscal de campo crea necesario.







CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En la presente sección se expone la metodología aplicada para el progreso de la investigación a fin de lograr los objetivos establecidos. Además, este capítulo incluye el tipo de investigación en que se encuentra enmarcado este Trabajo Especial de Grado.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se establecen las causas y relaciones del fenómeno asociado con la generación y comportamiento del lixiviado y biogás en el relleno sanitario de “La Paragüita”, indicando las interacciones entre variables involucradas, por lo que constituye un trabajo de investigación, según su nivel de profundidad, de tipo explicativa.

Se sustenta en una documentación de fuentes bibliográficas y en la recolección de datos de la realidad, utilizando fundamentalmente información primaria, por lo cual está enmarcada según la estrategia metodológica, como una investigación científica de campo.

Con la finalidad de conocer el comportamiento en el tiempo, que experimenta el lixiviado y el biogás generado en el relleno sanitario “La Paragüita”, se planteó una metodología de investigación consistente en una serie evolutiva de pasos lógicos y secuenciales que se presenta a continuación, procedimiento sugerido por el método científico para lograr la adquisición y exposición de conocimientos, tanto en el aspecto teórico, como en la fase experimental.



3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Determinación de las variables requeridas por el programa con la finalidad de obtenerlas en introducirlas al software de simulación.

Para la determinación de las variables requeridas por el programa así como su funcionamiento, se tomó como punto de partida la información suministrada en el manual del usuario, documentación técnica y apéndices de MODUELO 1, así como el trabajo doctoral; Desarrollo de MODUELO 2: Herramienta para la evaluación de la contaminación producida en vertederos de residuos sólidos urbanos. Los datos requeridos son principalmente de tipo topográfico, meteorológico, de caracterización del residuo vertido y de explotación del vertedero y fueron recabados en diferentes tipos de fuentes que se mencionan a continuación.

3.2.1.1. Solicitud de datos en las instituciones correspondientes.

Los datos de clima a utilizar en el presente trabajo son precipitación horaria, humedad relativa, velocidad del viento, horas de sol diarias y temperatura media diaria, estos datos fueron registrados en la ciudad de Valencia, a una distancia aproximada del relleno sanitario de “La Paragüita” de 45 Km., los mismos han sido suministrados por el Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana.

Para la evaluación morfológica del relleno sanitario se tomará como punto de partida los planos topográficos iniciales antes del inicio de la explotación, así mismo se considerarán los diferentes registros que existen sobre cada una de las fosas que han sido construidas y la influencia de estas en la modificación del terreno, esta información se pudo obtener en las dependencias administrativas del relleno sanitario de “La Paragüita”.



3.2.1.2. Obtención de datos a través de antecedentes.

Para la presente investigación se tomará como universo los desechos producidos por los habitantes de los municipios Juan José Mora y Puerto Cabello, del estado Carabobo, estos desechos son contabilizados en su ingreso al relleno sanitario y se cuenta con registros estadísticos de los mismos. En cuanto a la caracterización del residuo se tomarán como antecedentes estudios realizados en la zona costera venezolana y otras zonas del país por diferentes autores.

3.2.1.3. Edición e incorporación de datos al programa

Para la ejecución de la simulación sobre la que se ha basado este trabajo, fue necesario en primer lugar, la edición de los diferentes tipos de datos a suministrar al programa, los cuales se describen a continuación:

3.2.1.3.1. Datos de clima

Los datos de clima suministrados por el Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana, fueron organizados de acuerdo al orden establecido por MODUELO 2.0, y editados en un formato de extensión .dbf (DBase IV).

Los datos faltantes para humedad relativa, velocidad del viento, temperatura media diaria y horas de sol diaria (insolación), fueron sustituidos por los valores medios mensuales correspondientes. Los datos faltantes de precipitación horaria fueron sustituidos por el año que presentó el mayor valor de precipitación anual. En el Apéndice B, se da como ejemplo un año (2003) de estos datos climáticos.



3.2.1.3.2. Datos morfológicos

En el relleno sanitario de “La Paragüita” se dispone del plano inicial del terreno, sin embargo el mismo no se encuentra en forma digital, por lo cual es necesario en primer lugar, digitalizar el plano topográfico original en el programa AUTOCAD, con las modificaciones por excavación para la construcción de fosas que ha sufrido el terreno, esta digitalización debe ser guardada en formato DXF de AUTOCAD 12, para luego ser reconocida por un comando externo del programa MODUELO 2.0, que lo convierte en una base de datos en forma de puntos XYZ, estos puntos a su vez son editados, dentro de MODUELO2.0, donde se crea una malla unitaria (extensión .dat), en la creación de esta malla se establecen las dimensiones de las celdas, que para el caso de “La Paragüita” serán de $X=10m$ y $Y=10m$.

Una vez realizado este procedimiento se pueden colocar sobre esta malla las nuevas características del terreno, celdas vertedero, vertedero sellado, dren y relleno, lo cual constituirá la malla que utilizará el programa (extensión .mrf), para la ejecución de la simulación. En el Apéndice C, se presentan los diferentes planos y la malla que representa el terreno del relleno sanitario en estudio.

3.2.1.3.3. Datos de producción

Los datos de producción de residuos fueron tomados de varios antecedentes, el trabajo más importante considerado es la propuesta para la disposición final de los desechos sólidos producidos en los municipios Silva, Monseñor Iturriza, Cacique Manaure y Acosta del estado Falcón (Espinoza, 2006), de este trabajo se tomó la información más completa para la caracterización de los desechos, humedad y poder calorífico de los mismos, también se tomó la producción por habitante diaria.



La cantidad de desechos depositada en el relleno sanitario de “La Paragüita”, fue determinada por dos vías, en primer lugar considerando el crecimiento interanual de la producción de residuos, con base a los registros estadísticos proporcionados por la Mancomunidad de la Costa (MANCOSTA), y en segundo lugar por el crecimiento de la población, considerando los cuatro últimos censos realizados en el país y la producción de residuos por habitante.

3.2.2. Estimación de la cantidad de material orgánico depositado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, con el propósito de definir esta variable influyente en la contaminación generada.

3.2.2.1. Reconocimiento del sitio de disposición de desechos.

A través de visitas al relleno sanitario se pudo constatar que si bien actualmente se lleva un registro pormenorizado de los volúmenes de residuos que ingresan a las diferentes fosas, no se dispone de registros de caracterización del residuo vertido, lo que hace necesario establecer dicha caracterización.

3.2.2.2. Revisión de registros estadísticos.

En el relleno sanitario se tiene un control del ingreso de desechos que se presenta en el Apéndice A, estos registros estadísticos se especifican por producción y año; datos que fueron suministrados por la administración del relleno sanitario de “La Paragüita”, así mismo se presentan aquellos que fue necesario calcular a partir de herramientas estadísticas, dado que entre 1993 y 1998, no se contaba con la información requerida, la producción de estos años se determinó a partir del crecimiento interanual de la producción conocida, es decir, entre los años 1999 y 2007.



3.2.2.3. Determinación de la cantidad de material orgánico.

Para la determinación del material orgánico además de los registros estadísticos del relleno se considerarán principalmente los trabajos: propuesta para la disposición final de los desechos sólidos producidos en los municipios Silva, Monseñor Iturriza, Cacique Manaure y Acosta del estado Falcón (Espinoza, 2006) y el análisis sectorial de residuos sólidos de Venezuela (OPS, 2000).

La clasificación de los desechos se realizó tomando en cuenta la propuesta en MODUELO 2, donde se establecen como orgánicos, los grupos de desechos de papel, cartón, residuos de comida, poda y siega, madera, celulosa, textil, goma y cuero y plásticos; los cuales a su vez pueden ser clasificados como rápidamente degradables, lentamente degradables e inertes.

3.2.3. Determinación a través de la simulación con el software MODUELO 2.0 de la cantidad de lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, así como su composición, con el fin de conocer su volumen y comportamiento en el tiempo.

Una vez obtenidos los resultados de la simulación, utilizando los datos correspondientes al relleno sanitario de “La Paragüita”, estos son organizados en la hoja de cálculo Excel, para la obtención de promedios y totales mensuales, así como la elaboración de gráficas ilustrativas, presentadas en intervalos de tres años, que permitan el mejor análisis de resultados.

Para el lixiviado se analizan los resultados de volumen por el dren y su relación con la precipitación, así como el comportamiento de la DBO y DQO y en relación con el volumen de lixiviados captados por la red de drenaje.



3.2.4. Determinación a través de la simulación con el software MODUELO 2.0 de la cantidad de biogás generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, así como su composición, con el fin de conocer su volumen y comportamiento en el tiempo.

Los resultados obtenidos en la misma simulación, correspondientes a la generación de biogás, son organizados en la hoja de cálculo Excel, y tratados de la misma forma anteriormente descrita para los lixiviados.

Para el biogás se analizan los resultados mensuales de generación, volumen total, así como la de sus componentes más importantes como son CH_4 y CO_2 y la relación de estas variables con la precipitación.

3.2.5. Proposición de alternativas de disposición final del lixiviado y uso del biogás, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental generado en las zonas adyacentes al relleno sanitario de “La Paragüita”.

Una vez conocido el comportamiento del lixiviado y el biogás en el tiempo, se realizó una revisión de las diferentes tecnologías utilizadas para la disposición de lixiviados y para uso de biogás generado en rellenos sanitarios.

Luego se determinaron las alternativas que mejor se ajustan a la problemática existente en el relleno sanitario de “La Paragüita” para finalmente realizar el planteamiento de posibles soluciones a la problemática de disposición final de lixiviado y uso de biogás. Para elegir la mejor alternativa de tratamiento de lixiviados se utilizó una matriz de decisión, mientras que para uso de biogás se consideraron las condiciones establecidas por la EPA.



CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la estimación de material orgánico y los arrojados por la simulación con el software MODUELO 2.0, así como el análisis de los mismos.

4.1. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL ORGÁNICO DEPOSITADO EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

4.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO VERTIDO

Para estimar la cantidad de materia orgánica se tomó como punto de partida la propuesta para la disposición final de los desechos sólidos producidos en los municipios Silva, Monseñor Iturriza, Cacique Manaure y Acosta del estado Falcón (Apéndice A, Tabla A.1), de este trabajo se conocen las técnicas y metodología utilizada en la recolección de datos (normas EPA), y el mismo presenta la mayor cantidad de información disponible para definir la caracterización de los desechos vertidos en “La Paragüita”, se le asigna mayor importancia dada la proximidad de los municipios estudiados con los presentados en el antecedente y las características poblacionales comunes. Hay que destacar además que durante varios años, el relleno sanitario de “La Paragüita”, recibió los desechos generados en el municipio Silva. De este trabajo también se han tomado los valores de humedad de los desechos, poder calorífico y la producción por habitante diaria.

Así mismo se consideró el trabajo realizado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), análisis sectorial de residuos sólidos en Venezuela, en el cual se determinaron las características del residuo para los municipios en estudio, Puerto Cabello y “Juan José Mora” (Apéndice A, Tabla A.2), además se tomaron en cuenta datos estadísticos de producción de residuos en otros estados del país.



Se realizó la caracterización de acuerdo a la clasificación establecida por el programa MODUELO 2.0, donde se definen dos grandes grupos de materiales, orgánicos e inorgánicos, encontrándose dentro de los orgánicos; papel, cartón, residuos de comida, poda y siega, madera, celulosa, textil, goma y cuero y plásticos; los inorgánicos corresponden a vidrio, metal, tetrabrik e inertes.

La estimación se hizo tomando el valor de los campos que se encontraban claramente expresos en la tabla A.1, por considerarse el antecedente más importante en cuanto a características y producción de desechos que sustenta esta investigación, los valores tomados fueron; restos de alimentos (38,5%), restos de jardín (8,1%), papeles (11,3%), cartón (2,4%), textiles (0,8%), plásticos (13,1%), vidrio (10,9%) y madera (1,2%). En segundo orden de importancia y al no encontrarse especificados en la tabla A.1, se tomaron los valores presentados en la tabla A.2 ya que dicho estudio presenta las características del desecho vertido de los municipios en estudio, del mismo se consideró el valor correspondiente a goma y cuero (2,1%). El porcentaje de celulosa (6%) se tomó de un estudio realizado en el estado Guárico (Apéndice A, Tabla A.3), y el valor tetrabrik (1,01%) se tomó como el mismo presentado para la tabla Góngora que viene cargada en el programa MODUELO 2.0, al no disponer de otra fuente para este dato, quedando para inertes (0,09%) que representa la diferencia para completar el 100% de los desechos.

A continuación se presenta la tabla que resume los porcentajes de los materiales orgánicos vertidos en el relleno sanitario de “La Paragüita”, donde se expresa que 83,60 % del total vertido corresponde a este tipo de desecho, de los cuales papel, cartón y residuos de comida, constituyendo un 52,3 % del total vertido, son rápidamente degradables, y representan un aporte en el corto plazo a los procesos de degradación que tienen lugar en el relleno sanitario; 18,2 % son materiales lentamente degradables, y el 13,1% restante lo constituye el plástico, el cual es un material considerado como inerte.



TABLA 4.1.
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS DESPERDICIOS ORGÁNICOS
DEPOSITADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

ORGÁNICOS	%
PAPEL	11,30
CARTÓN	2,5
RESIDUOS DE COMIDA	38,5
PODA Y SIEGA	8,1
MADERA	1,2
CELULOSA	6
TEXTIL	0,8
GOMA Y CUERO	2,1
PLÁSTICOS	13,1
TOTAL ORGÁNICOS	83,60

4.1.2. DETERMINACIÓN DEL TOTAL DE DESPERDICIOS ORGÁNICOS DEPOSITADOS EN EL PERÍODO 1993-2007.

En el relleno sanitario de “La Paragüita”, se tiene un estudio pormenorizado de la cantidad de desechos vertidos desde los años 1999 hasta 2007, estos datos estadísticos son presentados en el Apéndice A, (Tablas A.11 a A.19). Para determinar la cantidad de desechos vertidos entre los años 1993 y 1998, se calculó el crecimiento interanual de la producción de desechos de los años conocidos (Apéndice A, Tabla A.25), del promedio de este crecimiento interanual que resultó en un 6,65%, se calcularon en forma regresiva las toneladas anuales de desechos depositados, las cuales fueron tabuladas y presentadas igualmente en el Apéndice A, (Tablas A.5 a A.10), una vez conocida la producción por años y total, que resultó en una cantidad de **791.264,84** toneladas, de desechos vertidos en “La Paragüita”, además de la caracterización, se establece la posibilidad de cuantificar las toneladas de material



orgánico, clasificando los mismos de acuerdo a MODUELO 2.0 como rápidamente degradables, lentamente degradables e inertes.

Para corroborar la validez de estos resultados, también se determinó la cantidad total de desechos depositados en “La Paragüita” por una segunda vía, dado que se conocía por los últimos 4 censos (1971, 1981, 1990 y 2001) la población de los municipios Puerto Cabello y “Juan José Mora”, se pudo determinar el crecimiento interanual de la misma (2,245%) y la población promedio entre 1993 y 2007 (228.695 habitantes), luego conocida la población promedio y utilizando el valor de producción de 0,664 kg/hab/día (Espinoza, 2003), se pudo determinar la producción de desechos generada por los 2 municipios en estudio, durante el período 1993-2007, resultando en un total de **831.399,29** toneladas.

Siendo el error cometido entre los dos métodos empleados de 4,83%; debe destacarse que esta diferencia pudiera estar promovida por el hecho de que entre los años 2000-2001, 2001-2002 y 2002-2003 la disposición de desechos en el relleno sanitario de “La Paragüita”, experimentó un decrecimiento (-2,66; -1,76 y -1,91 respectivamente, Apéndice A, Tabla A.25), aspecto totalmente atípico, que pudiera estar relacionado con la situación económica y política del país durante estos años, y ser la razón que genera esta diferencia en los cálculos. Conocido el error cometido y sus posibles causas, utilizando las diferentes fuentes de información disponible, se tomaron como datos de entrada al programa MODUELO 2.0 los valores de población (aproximadamente 228.000 habitantes), una producción por habitante diaria de 0,664, y los cálculos previos de distribución de las celdas sobre el terreno se hicieron considerando una cantidad de desechos vertidos de 791.264.84 toneladas.

Los resultados para la cantidad de material orgánico total, rápidamente degradables, lentamente degradables e inertes, que se presentan a continuación se estimaron en la Hoja de cálculo Excel, realizados en formato libre.



TABLA 4.2.
**TONELADAS ANUALES DE DESPERDICIOS ORGÁNICOS DEPOSITADOS EN EL
RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.**

AÑO	TOTAL ANUAL(TON)	TOTAL ORGÁNICOS (TON) 83,60%
1993	32.962,73	27.556,84
1994	35.310,91	29.519,92
1995	37.826,36	31.622,84
1996	40.521,01	33.875,56
1997	43.407,61	36.288,76
1998	46.500,62	38.874,52
1999	49.814,03	41.644,53
2000	54.393,18	45.472,70
2001	52.985,88	44.296,20
2002	52.071,91	43.532,12
2003	51.094,55	42.715,04
2004	61.836,82	51.695,58
2005	69.269,84	57.909,58
2006	74.596,25	62.362,47
2007	88.673,14	74.130,75
TOTAL DURANTE EXPLOTACIÓN 1993-2007	791.264,84	661.497,40



TABLA 4.3.
TONELADAS ANUALES DE DESPERDICIOS ORGÁNICOS RÁPIDAMENTE DEGRADABLES, SEGÚN LA CLASIFICACIÓN MODUELO 2.0, DEPOSITADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

AÑO	TOTAL ANUAL (TON)	PAPEL (TON) 11,3%	CARTÓN (TON) 2,5%	RESIDUOS DE COMIDA (TON) 38,5%
1993	32.962,73	3.724,79	824,07	12.690,65
1994	35.310,91	3.990,13	882,77	13.594,70
1995	37.826,36	4.274,38	945,66	14.563,15
1996	40.521,01	4.578,87	1.013,03	15.600,59
1997	43.407,61	4.905,06	1.085,19	16.711,93
1998	46.500,62	5.254,57	1.162,52	17.902,74
1999	49.814,03	5.628,99	1.245,35	19.178,40
2000	54.393,18	6.146,43	1.359,83	20.941,37
2001	52.985,88	5.987,40	1.324,65	20.399,56
2002	52.071,91	5.884,13	1.301,80	20.047,69
2003	51.094,55	5.773,68	1.277,36	19.671,40
2004	61.836,82	6.987,56	1.545,92	23.807,18
2005	69.269,84	7.827,49	1.731,75	26.668,89
2006	74.596,25	8.429,38	1.864,91	28.719,56
2007	88.673,14	10.020,06	2.216,83	34.139,16
TOTAL DURANTE EXPLOTACIÓN 1993-2007	791.264,84	89.412,93	19.781,62	304.636,96



TABLA 4.4.
TONELADAS ANUALES DE DESPERDICIOS ORGÁNICOS LENTAMENTE
DEGRADABLES, SEGÚN LA CLASIFICACIÓN MODUELO 2.0, DEPOSITADOS EN
EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

AÑO	TOTAL ANUAL (TON)	PODA Y SIEGA (TON) 8,1%	MADERA (TON) 1,2%	CELULOSA (TON) 6%	TEXTIL (TON) 0,8%	GOMA Y CUERO (TON) 2,1%
1993	32.962,73	2.669,98	395,55	1.977,76	263,70	692,22
1994	35.310,91	2.860,18	423,73	2.118,65	282,49	741,53
1995	37.826,36	3.063,94	453,92	2.269,58	302,61	794,35
1996	40.521,01	3.282,20	486,25	2.431,26	324,17	850,94
1997	43.407,61	3.516,02	520,89	2.604,46	347,26	911,56
1998	46.500,62	3.766,55	558,01	2.790,04	372,00	976,51
1999	49.814,03	4.034,94	597,77	2.988,84	398,51	1.046,09
2000	54.393,18	4.405,85	652,72	3.263,59	435,15	1.142,26
2001	52.985,88	4.291,86	635,83	3.179,15	423,89	1.112,70
2002	52.071,91	4.217,82	624,86	3.124,31	416,58	1.093,51
2003	51.094,55	4.138,66	613,13	3.065,67	408,76	1.072,99
2004	61.836,82	5.008,78	742,04	3.710,21	494,69	1.298,57
2005	69.269,84	5.610,86	831,24	4.156,19	554,16	1.454,67
2006	74.596,25	6.042,30	895,16	4.475,78	596,77	1.566,52
2007	88.673,14	7.182,52	1.064,08	5.320,39	709,39	1.862,14
TOTAL DURANTE EXPLOTACIÓN 1993-2007	791.264,84	64.092,45	9.495,18	47.475,89	6.330,12	16.616,56



TABLA 4.5.
TONELADAS ANUALES DE DESPERDICIOS ORGÁNICOS INERTES, SEGÚN LA CLASIFICACIÓN MODUELO 2.0, DEPOSITADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

AÑO	TOTAL ANUAL (TON)	PLÁSTICOS (TON) 13,1%
1993	32.962,73	4.318,12
1994	35.310,91	4.625,73
1995	37.826,36	4.955,25
1996	40.521,01	5.308,25
1997	43.407,61	5.686,40
1998	46.500,62	6.091,58
1999	49.814,03	6.525,64
2000	54.393,18	7.125,51
2001	52.985,88	6.941,15
2002	52.071,91	6.821,42
2003	51.094,55	6.693,39
2004	61.836,82	8.100,62
2005	69.269,84	9.074,35
2006	74.596,25	9.772,11
2007	88.673,14	11.616,18
TOTAL DURANTE EXPLOTACIÓN 1993-2007	791.264,84	103.655,69



4.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0 RELACIONADOS A LA PRODUCCIÓN DE DESECHOS.

Los resultados en forma general arrojados por el programa MODUELO 2.0 (extensión .res) para el relleno sanitario de “La Paragüita”, que se encuentran relacionados con la producción de desechos, se muestran a continuación:

```
Volumen de basura y de todo el vertedero al final: 1.03748E+06  
m3, 1.2812E+06 m3  
Peso de basura y de todo el vertedero al final: 778110 Tn,  
1.08158E+06 Tn  
Edad media de todas las celdas con basura al final de la  
simulación: 7.04 años
```

De acuerdo con la simulación realizada, desde el 1 de enero de 1993 hasta el 31 de enero de 2007, se depositaron en el relleno sanitario de “La Paragüita”, la cantidad de 778.110 toneladas de desechos, que ocupan un volumen de 1.037.480 m³, estos resultados se ajustan con los calculados previamente (ver Tablas A.23 y C.1), los cuales indican que la cantidad total depositada hasta el 31 de diciembre del 2007 sería de 791.264,84 toneladas, de acuerdo con las estadísticas facilitadas por MANCOSTA, y además el volumen las 9 fosas construidas en este período de tiempo es de aproximadamente 1.056.000 m³, lo que indica que para la fecha que concluye la simulación no se ha terminado de rellenar la última fosa construida.

La simulación fue limitada al 31 de enero del 2007 dado que es hasta esta fecha donde se dispone información completa del clima; en cuanto a humedad relativa, velocidad del viento, insolación diaria y temperatura media diaria. Es por ello que para el momento que finaliza la simulación aún no se ha completado el volumen de las fosas disponible para desechos, cuando esto ocurre el programa indica que el vertedero se encuentra lleno, que no es el caso que se presenta en esta simulación. En el volumen y el peso de todo el vertedero al final de la simulación, se está considerando además la capa de cobertura y el relleno utilizado para compensar los desniveles en el terreno,



para el caso estudiado, el material de la capa de cobertura es arcilla y su volumen ocupado se estimó en 77.130 m^3 , con una densidad de 1.9 Tn/ m^3 . El relleno también se consideró como arcilla.

Se conoce que el suelo de las terrazas 1 y 2, que fueron las primeras en explotar, y que constituyen la etapa 1 del relleno sanitario de “La Paragüita”, es predominantemente arcilla impermeable, esto es así debido a que en principio se planificó proveer a partir de esta primera etapa, material para la cobertura de las siguientes (SINGECOM, 1992).

4.3. CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DE LIXIVIADO GENERADO EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA” SEGÚN LA SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE MODUELO 2.0.

Los resultados en forma general arrojados por el programa MODUELO 2.0 (extensión .res) para el relleno sanitario de “la Paragüita”, y que se encuentran relacionados con la generación de lixiviados se muestran a continuación:

```
Lixiviado a charco: 1.5399 m3, Lixiviado por frente: 6611.56 m3,  
Lixiviado por dren: 33971.7 m3  
Lluvia infiltrada: 189690 m3, Lluvia escurrida: 84985.8 m3,  
Lluvia almacenada: 854399 m3  
Lluvia evaporada exterior: 235820 m3, Lluvia evaporada interior:  
154429 m3  
Lluvia caída Total sobre celdas: 508597 m3 y la lluvia total en  
mm/m: 16182.6  
Agua inicial en vertedero: 0 m3  
Humedad inicial igualada a la de la basura y disipada durante la  
simulación.  
Capacidad de agua inicial en vertedero: 0 m3  
Agua entrante por humedad en nuevas celdas: 363189 m3.  
Agua Total dentro de celdas al final: 335324 m3  
Capacidad de agua final en vertedero: 583573 m3  
Humedad final en vertedero: 31.0032 (% en peso seco incluyendo  
rellenos)  
Humedad final en basura de vertedero: 43.0947 (% en peso seco)  
Humedad máxima final en basura posible: 74.9988 (% en peso seco)
```



4.3.1. CANTIDAD DE LIXIVIADOS GENERADOS

De los resultados arrojados por la simulación asociados al lixiviado, uno de los que se considerará como de mayor importancia para el presente estudio, es el lixiviado por el dren, con un volumen total para el final de la simulación de $33.971,7 \text{ m}^3$, lo cual correspondería al lixiviado generado desde enero de 1993 hasta enero de 2007, conocido el volumen de lixiviado generado, es posible realizar el dimensionamiento de un sistema de tratamiento, o en todo caso, y como es el alcance de este estudio realizar propuestas preliminares de tratamiento que orienten hacia este diseño. Sin embargo, hay que destacar que MODUELO 2.0, no considera el efecto de la recirculación de los lixiviados, que es el caso del relleno sanitario de “la Paragüita”, lo cual debería disminuir el volumen de lixiviados, ya que la recirculación de los mismos, promueve su evaporación, además de la compactación de los desechos.

El comportamiento del lixiviado por el dren, está directamente asociado al fenómeno de la precipitación, a la infiltración del suelo, y a la superficie rellenada, es por ello que debe notarse un incremento en el volumen de lixiviados al aumentar alguna de las variables mencionadas. Se debe resaltar el hecho de que en los datos climáticos, no se tenía información sobre la precipitación horaria de los años 1993, 2002 y 2006, por lo que se substituyó el valor de la precipitación horaria en estos años, por las del año 2003, el cual presentó el mayor valor de precipitación anual con 1893.5 mm (Apéndice B, Tabla B.3), esto a fin de promover las condiciones más desfavorables para la generación de lixiviados (mayor volumen), y en todo caso evitar un subdiseño de los posibles sistemas de captación y tratamiento.

El vertedero con el cual se pueden comparar los resultados obtenidos, sería con los de vertedero X, ubicado en una localidad europea, cuyos ficheros de simulación vienen cargados con el programa MODUELO 2.0, con una generación de lixiviados por dren de 318.270 m^3 , y que en un intervalo de simulación de 10 años, se tienen 17.199 mm de lluvia, una cantidad total de lluvia caída sobre las celdas de $1.139.970 \text{ m}^3$, y



lluvia infiltrada de 601.054 m³, esto indica una diferencia notable con respecto al caso venezolano en estudio, con un clima significativamente más seco, ya que para 14 años se tienen 16.182.6 mm de lluvia, y un área de relleno mucho menor, que ocasiona que la lluvia total caída sobre las celdas sea de 508.597 m³, lo cual indica que sobre las celdas de vertedero X, cae más de dos veces el volumen de lluvia que sobre el relleno sanitario de “La Paragüita”. Otro aspecto a destacar en esta comparación es el hecho de que la temperatura media del intervalo de simulación para vertedero X es de 12,5 °C, mientras que para “La Paragüita” es de 25,10 °C, condición que favorece la evaporación, todos los factores mencionados indican razones que justifican un volumen de 33.971,7 m³ (6,61m³/día), por el dren durante 14 años para el caso estudiado, con respecto a 318.270 m³ de vertedero X.

Se realizó como prueba, la simulación con el fichero general de “La Paragüita”, sus propios datos de producción y morfológico, variando el fichero del clima por el utilizado en vertedero X, en un intervalo de simulación de 10 años aproximadamente, donde se obtuvo un volumen de lixiviados por el dren de 83.459 m³, lo cual evidencia que el factor clima es un aspecto que define de manera significativa el comportamiento del lixiviado, dado que para un intervalo de tiempo menor, y una cantidad de desechos colocados disminuida y en consecuencia menos superficie rellena, se tiene más del doble de lixiviados generados. Por otro lado se observó la influencia de cambiar el fichero del clima en la simulación general de vertedero X, por el utilizado en “La Paragüita” y se obtuvo que el lixiviado generado por el dren para el mismo período es de 47.362 m³, una notable diferencia ya que utilizando el fichero de clima europeo se producen 318.270 m³, una vez más queda justificado el volumen obtenido de 33.971,7 m³ para el caso venezolano en estudio.

A continuación se presentan resultados gráficos de la simulación realizada, que ilustran el comportamiento del lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” y su relación con la precipitación, presentados en lapsos de 3 años.

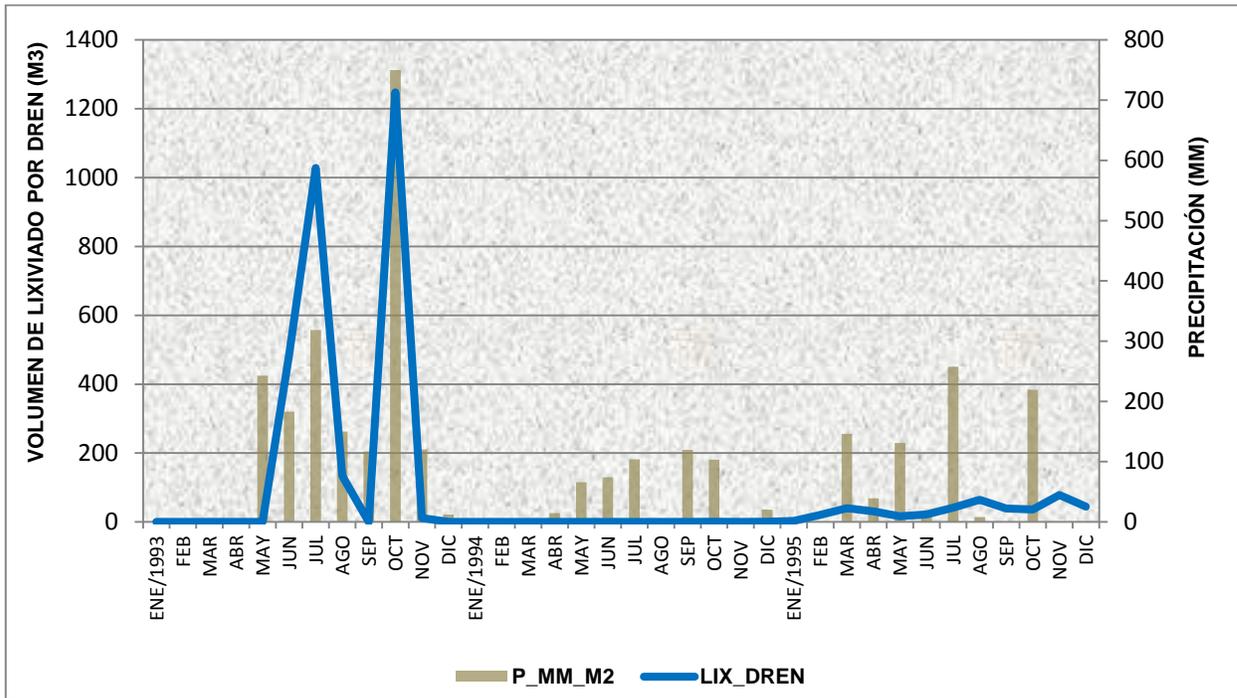


Figura 4.1. Volumen de lixiviados generados y su relación con la precipitación, durante los años 1993, 1994 y 1995

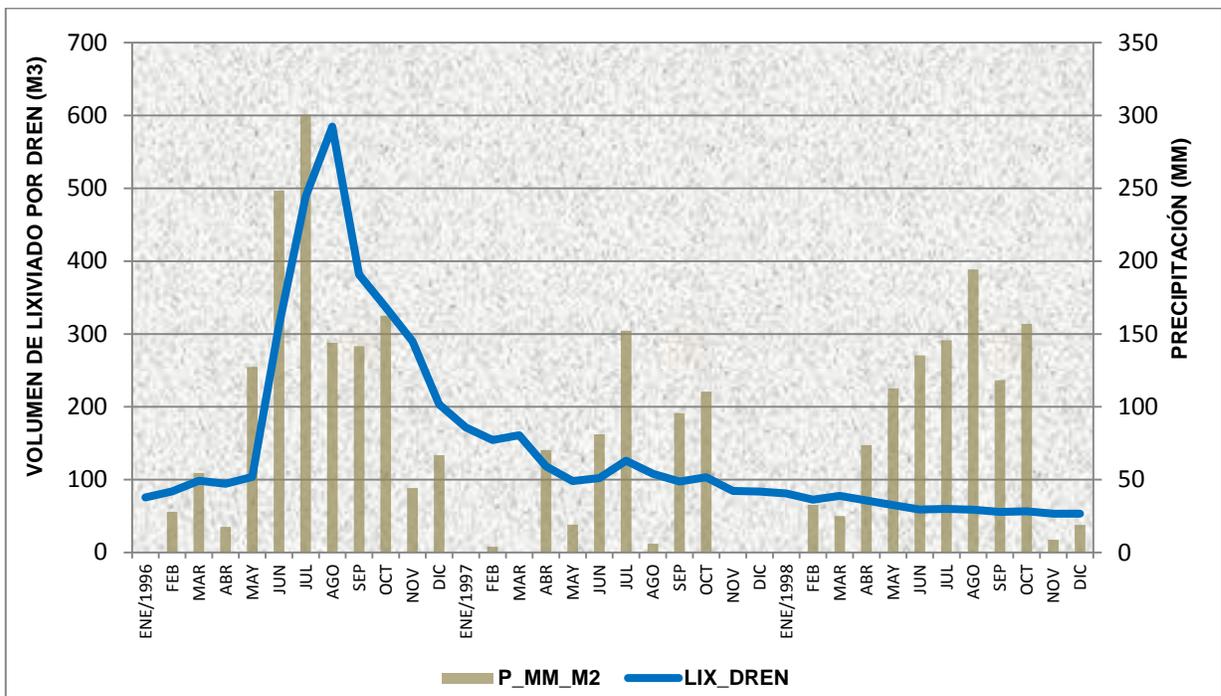


Figura 4.2. Volumen de lixiviados generados y su relación con la precipitación, durante los años 1996, 1997 y 1998

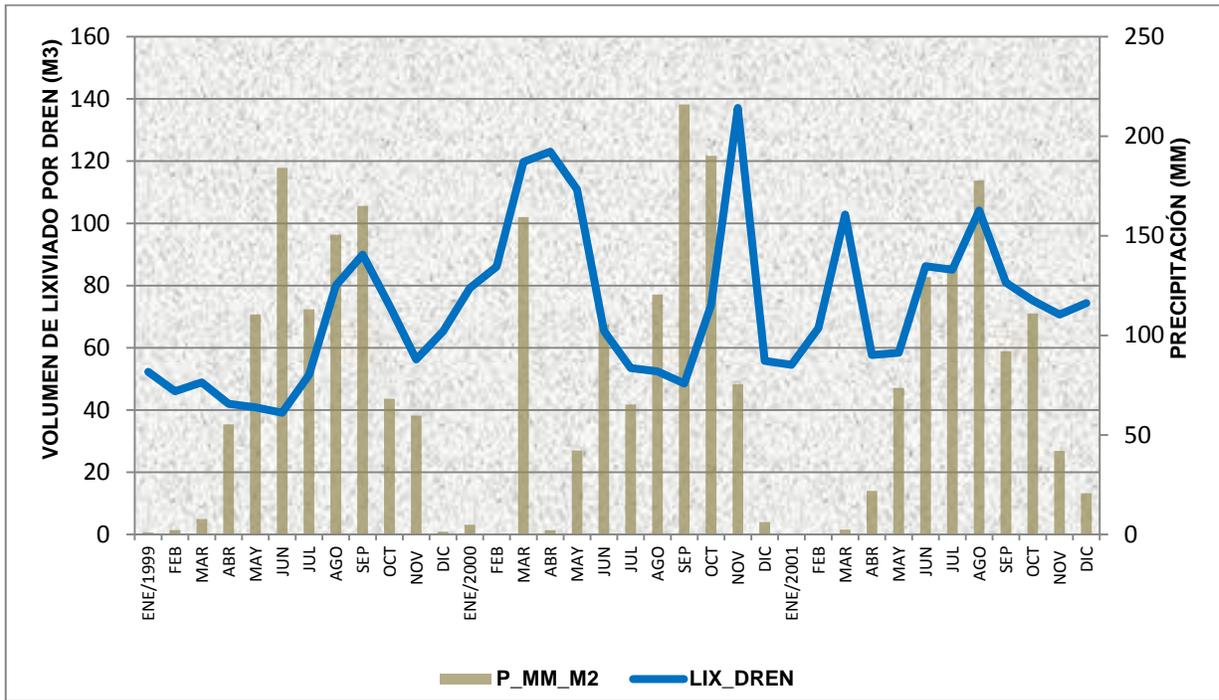


Figura 4.3. Volumen de lixiviados generados y su relación con la precipitación, durante los años 1999, 2000 y 2001.

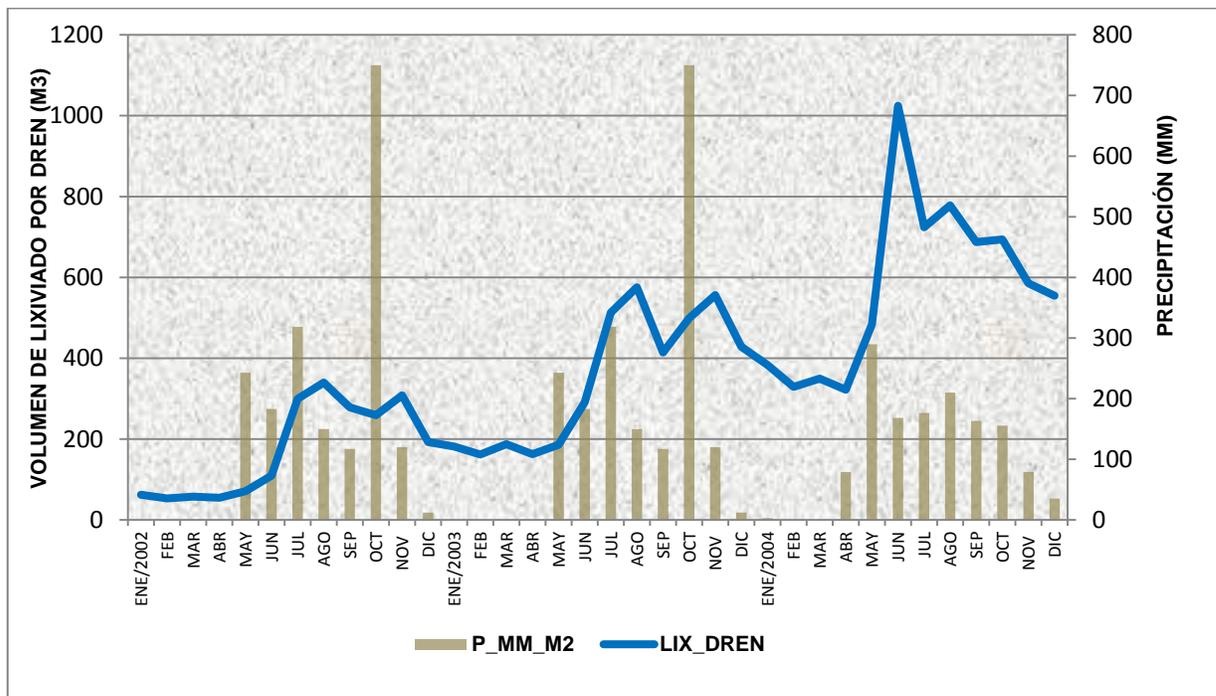


Figura 4.4. Volumen de lixiviados generados y su relación con la precipitación, durante los años 2002, 2003 y 2004.

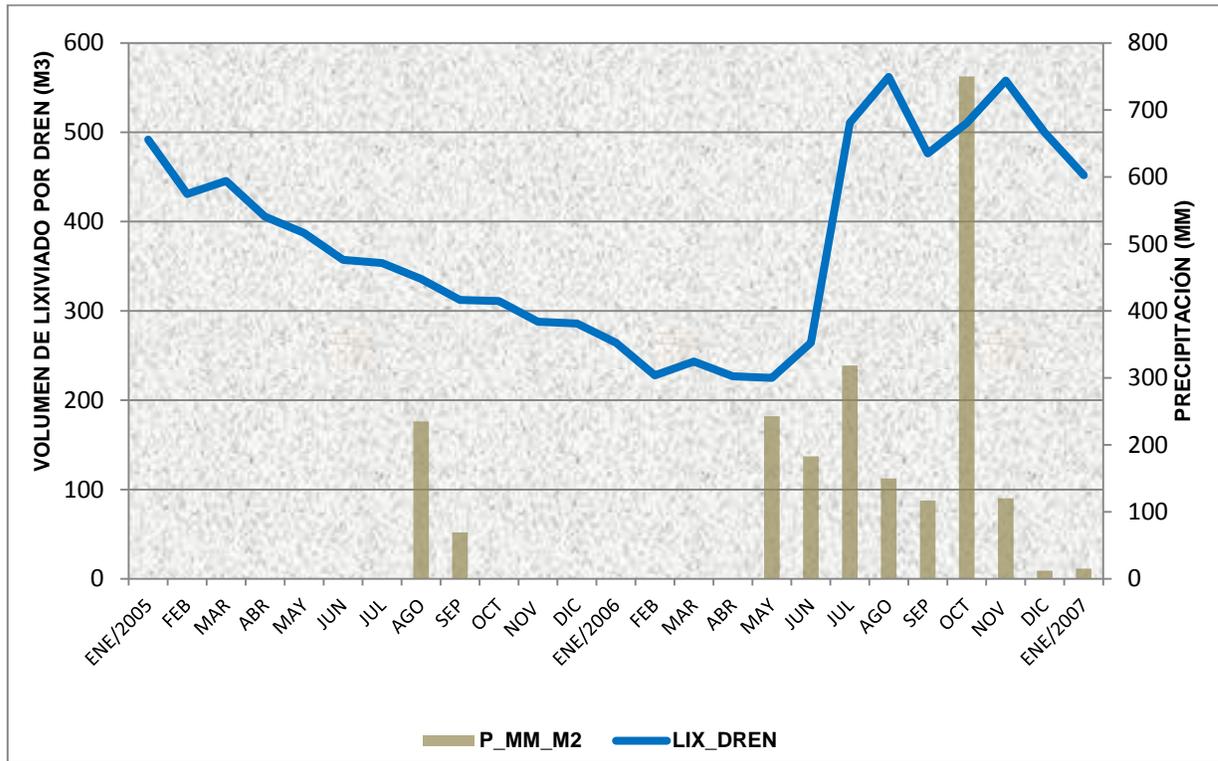


Figura 4.5. Volumen de lixiviados generados y su relación con la precipitación, durante los años 2005, 2006 y 2007.

En la Figura 4.1, donde se presenta el volumen de lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” en los primeros años de explotación, se aprecia que existen meses donde el volumen de lixiviado por el dren es nulo, lo que significa que si bien continuamente se está generando lixiviado en un relleno sanitario, este no sería suficiente para llegar a los sistemas de captación o drenes, esta baja generación de lixiviados también está ligada a la escasa ocurrencia de precipitaciones. Existe un pico muy evidente en esta gráfica, en el mes de octubre de 1993, donde se alcanza el volumen máximo de lixiviados por el dren de 1247,875 m³ valor que indiscutiblemente está ligado a la precipitación en este mes, 750 mm de lluvia, la cual es también la máxima del período.

Luego para los años 1996, 1997 y 1998, se observa que el volumen mínimo de lixiviado generado es de 53,394 m³ (diciembre de 1998), mientras que el máximo



para este período es de 584,662 m³ (agosto de 1996), la máxima precipitación ocurre en julio de 1996 con 300,7 mm. En la medida que el relleno sanitario va recibiendo capas de residuo y de cobertura, se va produciendo la resistencia que oponen los residuos y principalmente la capa de cobertura (arcilla) a ser infiltrada, es por esto que no necesariamente los picos de precipitación y volumen de lixiviados resulten coincidentes.

En los periodos siguientes el volumen de lixiviados se capta constantemente por la red de drenaje, dado que al existir mayor cantidad de desechos, con el aporte a la generación de lixiviados que significa su propia humedad, la presencia de precipitaciones moderadas, y un incremento constante de la superficie rellena originan una ininterrumpida generación de lixiviados.

Si bien la generación de lixiviados es constante, la misma presenta valores de volumen a tratar, muy variables, por ejemplo, el período 2002, 2003 y 2004, se inicia con una producción de lixiviados de 53,222 m³ (febrero 2002), la misma tiene variaciones significativas, hasta alcanzar un máximo de 1024,706 m³, estos cambios bruscos dificultan el planteamiento de algún tipo de tratamiento, dado que se pudiera diseñar un sistema que resulte en una capacidad instalada que no se encuentre operativa buena parte del tiempo, o por el contrario un subdiseño, que pudiera colapsar el sistema de captación y tratamiento de lixiviados.

4.3.2. DBO Y DQO DEL LIXIVIADO GENERADO

A continuación se presentan resultados gráficos de la simulación realizada, que ilustran el comportamiento de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) junto con el lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, presentados en lapsos de 3 años.

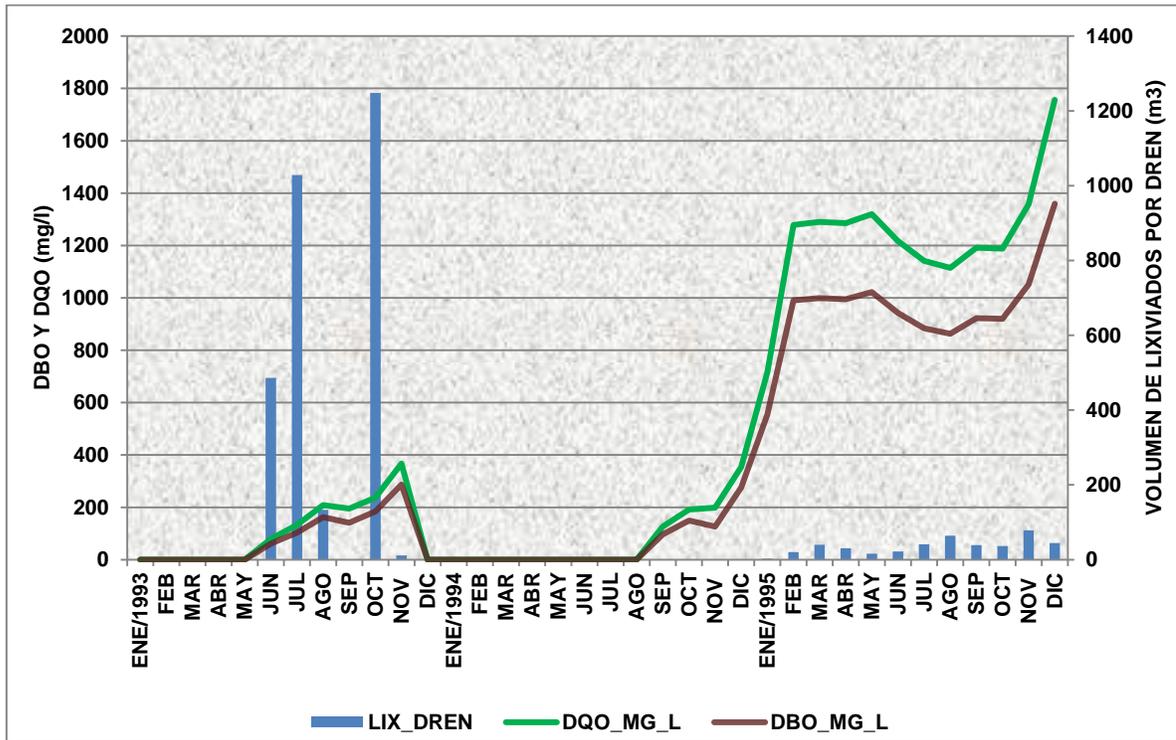


Figura 4.6. Comportamiento de la DBO y DQO del lixiviado generado y su relación con el volumen de lixiviados por el dren durante los años 1993, 1994 y 1995.

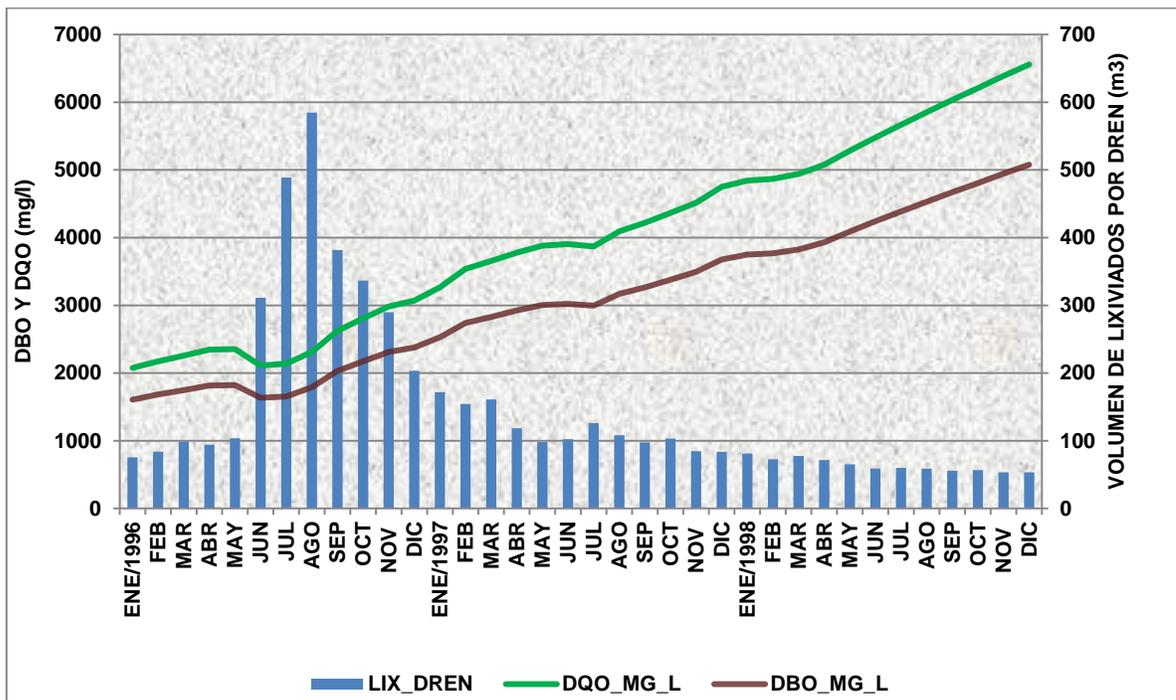


Figura 4.7. Comportamiento de la DBO y DQO del lixiviado generado y su relación con el volumen de lixiviados por el dren durante los años 1996, 1997 y 1998.

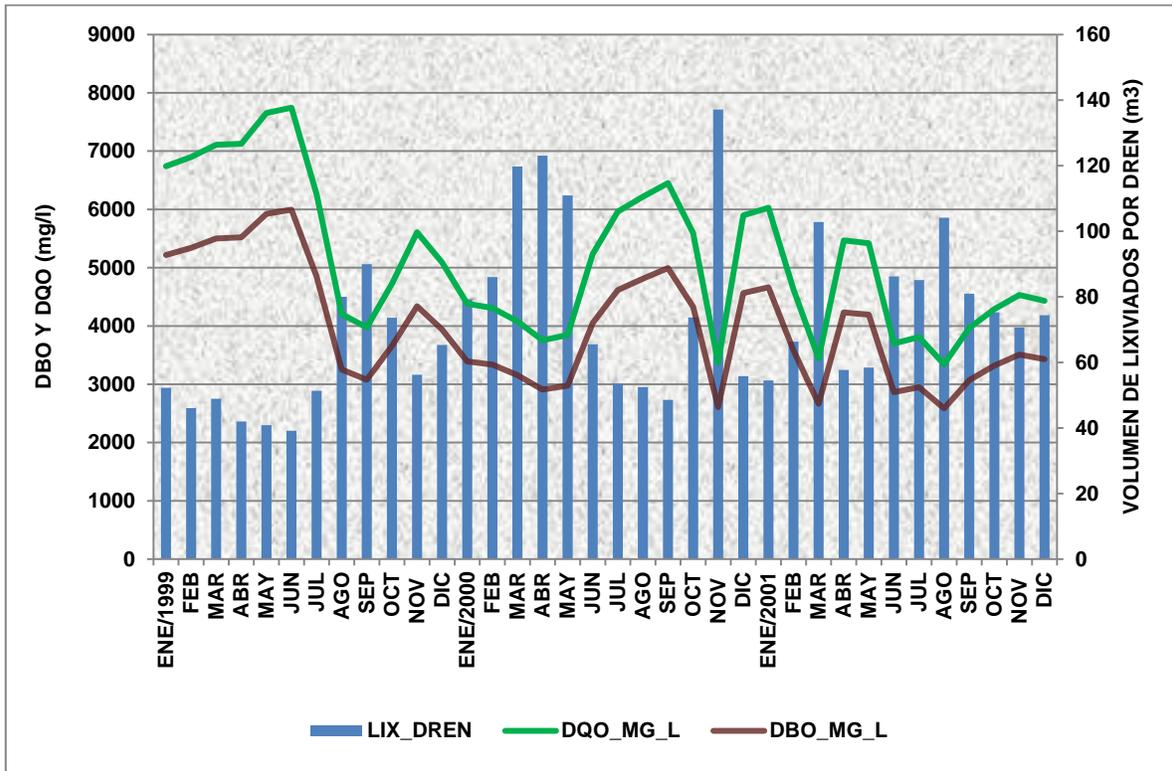


Figura 4.8. Comportamiento de la DBO y DQO del lixiviado generado y su relación con el volumen de lixiviados por el dren durante los años 1999, 2000 y 2001.

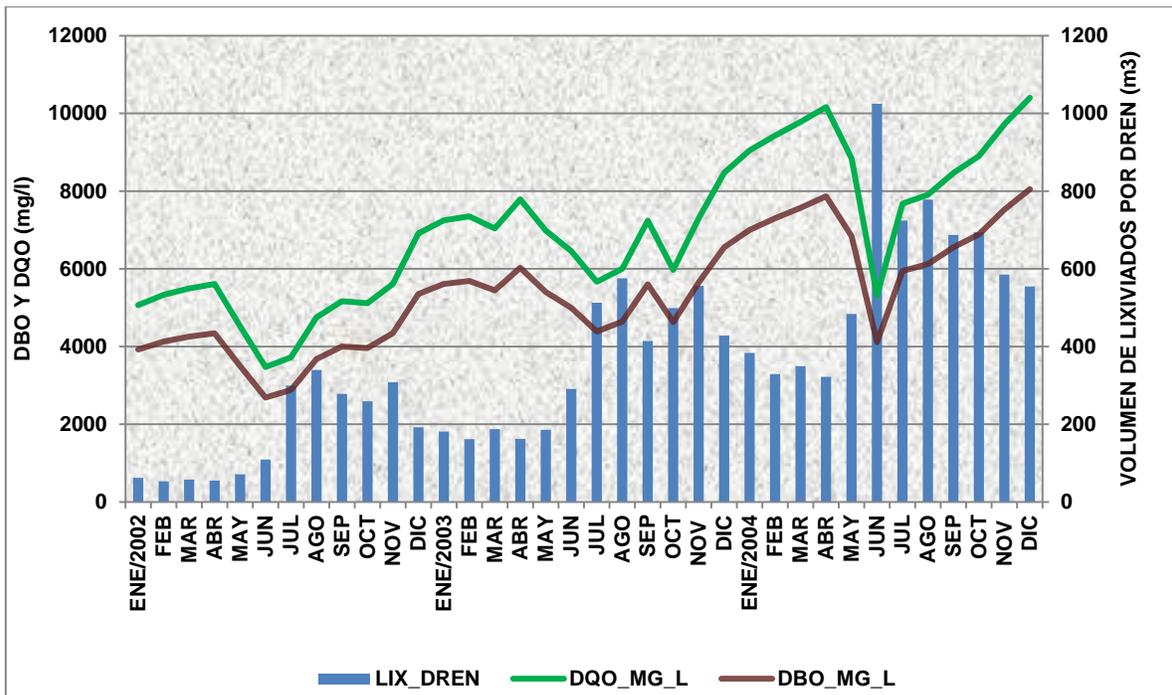


Figura 4.9. Comportamiento de la DBO y DQO del lixiviado generado y su relación con el volumen de lixiviados por el dren durante los años 2002, 2003 y 2004.

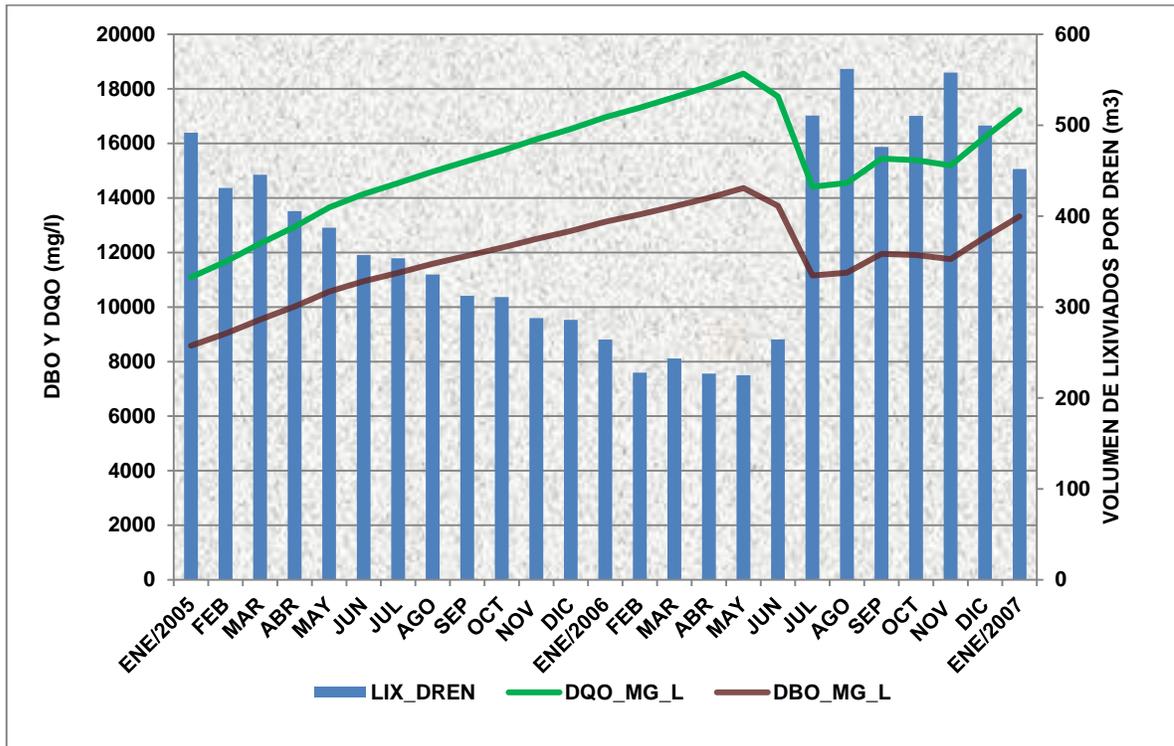


Figura 4.10. Comportamiento de la DBO y DQO del lixiviado generado y su relación con el volumen de lixiviados por el dren durante los años 2005, 2006 y 2007.

Los resultados para DBO y DQO que se obtienen de la simulación con MODUELO 2.0 corresponden a los del lixiviado generado, (lixiviado por dren). Para la figura 4.6, donde se representa el comportamiento de las variables analizadas en los años 1993, 1994 y 1995, se observa que hay momentos, donde los valores son nulos, dado que no se aprecia volumen de lixiviado en los sistemas de captación (drenes), tampoco se pueden determinar sus características.

Por otro lado, donde se encuentran los primeros resultados apreciables de volumen por el dren, se tienen los valores mínimos de DBO y DQO registrados en la simulación, que son 61,62 mg/l y 78,98 mg/l respectivamente, los cuales experimentan un aumento gradual, desde agosto de 1994 con un comportamiento que se extiende al siguiente período 1996, 1997 y 1998 (figura 4.7), incluso a los primeros meses del año 1999 (figura 4.8), hasta junio de ese año donde se alcanza un máximo para los valores de DBO de 5.993,88 mg/l y de DQO de 7.745,13 mg/l, a partir de entonces se observan



variaciones significativas de la DBO y la DQO, que están ligadas a la variación del volumen por el dren, con un comportamiento opuesto, ya que al aumentar el volumen de lixiviados por el dren, se atenúa la concentración de la DBO y DQO, como es de esperarse. Por otro lado al disminuir el volumen por el dren, se aprecia el comportamiento creciente de DBO y DQO, siendo los mayores valores encontrados en el intervalo de simulación de 14.364,39 mg/l para la DBO y 18.559,48 mg/l para la DQO (mayo 2006).

Los valores obtenidos en esta simulación, se encuentran dentro de los típicos esperados para rellenos sanitarios, que son, de 10.000 mg/l para la DBO y 18.000 mg/l para la DQO, pero que para rellenos nuevos la DBO puede alcanzar los 30.000 mg/l y la DQO los 60.000 mg/l (Tchobanoglous, 1994). Como se aprecia en las gráficas el comportamiento del lixiviado generado en “La Paragüita” continúa siendo creciente hasta el último mes simulado (enero 2007), aspecto que es totalmente comprensible si se considera el hecho de que dicho relleno se encuentra en pleno proceso de explotación. La concentración de contaminantes en los lixiviados varía con el tiempo, por lo que difícilmente puede emplearse con éxito un único tratamiento a estos líquidos. Lixiviados de rellenos jóvenes, poseen elevadas concentraciones de materia orgánica e índices de biodegradabilidad (DBO5/DQO) superiores a 0.4, lo que hace posible que sean tratados eficientemente por procesos biológicos; pero en lixiviados de rellenos viejos, con índices de biodegradabilidad inferiores a 0.02, estos tratamientos no son eficientes (Waritch *et. al.* 1998).

En promedio la relación DBO/DQO en el relleno sanitario de “La Paragüita”, se mantiene durante todo el intervalo de simulación en 0,77; siendo muy pequeñas las desviaciones respecto a este valor; lo cual indica que el tipo de tratamiento está orientado hacia los procesos biológicos. Por otra parte y como se ha mencionado, el programa MODUELO 2.0, no considera el efecto de la recirculación. Cuando se recircula el lixiviado, se diluyen y atenúan los compuestos producidos por actividad biológica y por reacciones físicas y químicas que se producen dentro del vertedero. Por



ejemplo: los ácidos orgánicos sencillos presentes en el lixiviado, se convertirán en CH_4 y CO_2 , los metales se precipitarán y serán retenidos dentro del vertedero. (Tchobanoglous, 1994). Siendo la simulación realizada una primera guía que orienta a conocer el comportamiento en el tiempo de las principales variables contaminantes del relleno sanitario en estudio, se debe considerar entonces que de acuerdo al párrafo citado anteriormente, la recirculación del lixiviado le confiere a este líquido contaminante otras características, que no han sido evaluadas en la simulación, y que las concentraciones reales de DBO y DQO en el lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” serían menores a las obtenidas de la simulación, esta diferencia deberá ser posteriormente comprobada a través de la caracterización del lixiviado, a fin de dimensionar algún sistema de tratamiento.

4.4. CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS GENERADO EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA” SEGÚN LA SIMULACIÓN CON EL SOFTWARE MODUELO 2.0.

Los resultados en forma general arrojados por el programa MODUELO 2.0 (extensión .res) para el relleno sanitario de “la Paragüita”, relacionados con la generación de biogás se muestran a continuación:

```
CH4 total generado: 998314 m3
CO2 total generado: 3.21905E+06 m3
H2 total generado: 7.41038 m3
N2 total generado: 429391 m3
O2 total generado: 64877.5 m3
Volumen Biogás total generado: 4.71163E+06 m3
```

4.4.1. VOLUMEN TOTAL DEL BIOGÁS GENERADO.

Considerando relevantes como componentes del biogás al CH_4 y CO_2 , por el efecto invernadero que estos gases causan y la posibilidad de utilizar el CH_4 como



fuerza de energía, se tiene que el volumen generado por estos dos gases es de 4.217.364, donde 3.219.050 m³ son CO₂ y 998.314 m³ de CH₄, lo cual indica que la composición del gas total generado es 76,33 % CO₂ y 23,67% CH₄. En relación a la bibliografía disponible el porcentaje obtenido para el biogás, indica que el relleno se no se encuentra en una fase de maduración, ya que por ejemplo de acuerdo a los estándares de la EPA, el biogás debería contener aproximadamente un 50% de metano y según la evolución en el tiempo de la emisiones de vertederos (Tchobanoglous, 1994) se tiene que la composición del biogás en un relleno, en la fase IV (metanización), debería contener también un 50% en volumen de metano aproximadamente.

En MODUELO 2.0 para comparar con las gráficas de referencia se han representado las proporciones de metano, dióxido de carbono e hidrógeno en el biogás a lo largo del tiempo. En los tres casos las proporciones evolucionan como se esperaba. El CO₂ alcanza un valor máximo alrededor del 85% para luego descender hasta valores cercanos al 50%, donde se mantiene hasta el final de la degradación. El metano asciende gradualmente hasta el entorno del 50% y permanece en esa proporción en el tiempo como el CO₂. El H₂ aparece en proporciones por debajo del 20% (en este caso alcanza un 10% como máximo), de acuerdo con lo encontrado en la literatura (Young, 1995). (Lobo, 2003). Esto permite indicar que, en general, el relleno sanitario de “La Paragüita”, no ha alcanzado la fase de metanización, dado que como ya se ha mencionado anteriormente es un relleno sanitario que se puede considerar joven. Además la generación de gases está ligada a la humedad de los residuos y también se ha mencionado que este factor sería limitante en los procesos de degradación que tienen lugar en el mencionado relleno sanitario.

En Venezuela, así como en la mayoría de los países en desarrollo el alto contenido de materia orgánica rápidamente degradable es lo común, para este estudio se tiene cantidades importantes de este tipo de desechos; restos de alimentos (38,5%), papeles (11,3%), cartón (2,4%), los cuales con un total de 52,2% representan la mayor cantidad de desperdicios colocados en “La Paragüita”, por otro lado también se debe destacar



que los desechos orgánicos lentamente degradables también contribuyen a la generación de gases pero con cinéticas de reacción distintas, establecidas por el programa MODUELO 2.0. Así, la materia orgánica presente en los desechos vertidos en el relleno sanitario en estudio es significativa, lo cual debería traducirse en una composición apreciable de metano para el biogás generado, pero como se ha mencionado, la baja de humedad limita la generación de gases. Por otro lado, el relleno sanitario de “La Paragüita” es aún joven, dado que se encuentra en pleno proceso de explotación, se puede decir de acuerdo a aseveraciones de otros autores, que no ha llegado al momento de su máxima generación de biogás y metano, situación que debería ocurrir, luego de la clausura del relleno sanitario.

A continuación se presentan resultados gráficos de la simulación realizada, que ilustran el comportamiento del biogás total generado junto con la precipitación mensual en el relleno sanitario de “La Paragüita”, presentados en lapsos de 3 años.

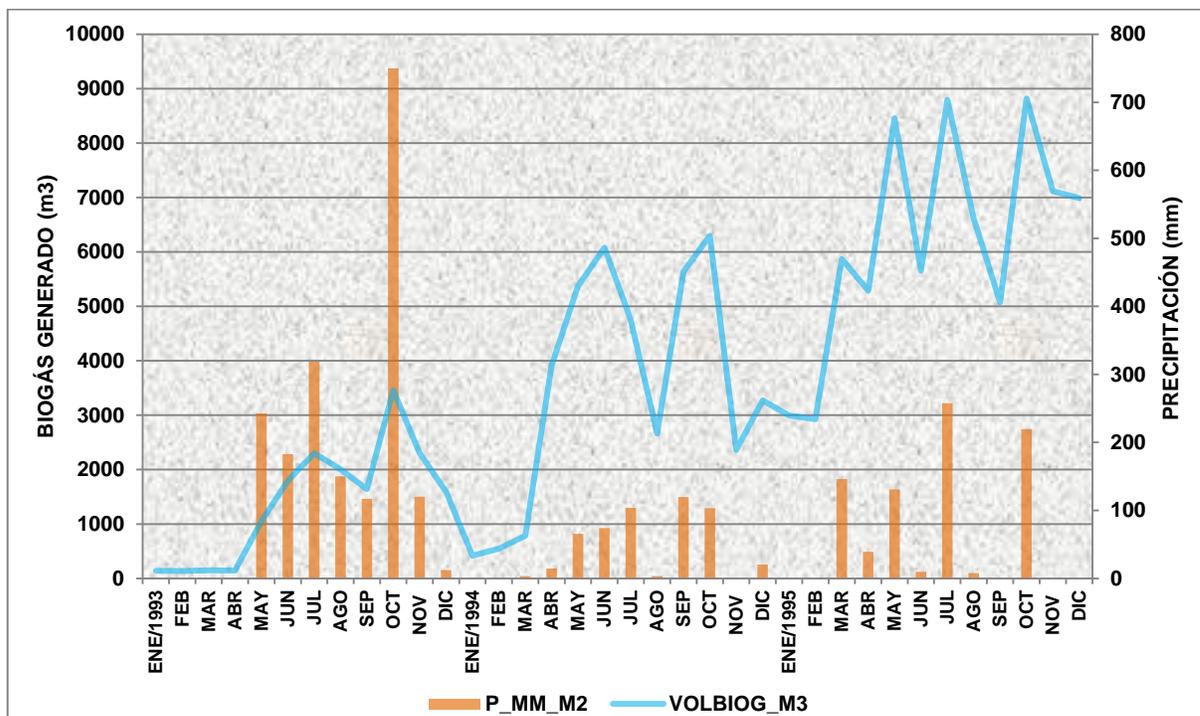


Figura 4.11. Comportamiento de la cantidad de biogás total generado y su relación con la precipitación durante los años 1993, 1994 y 1995.

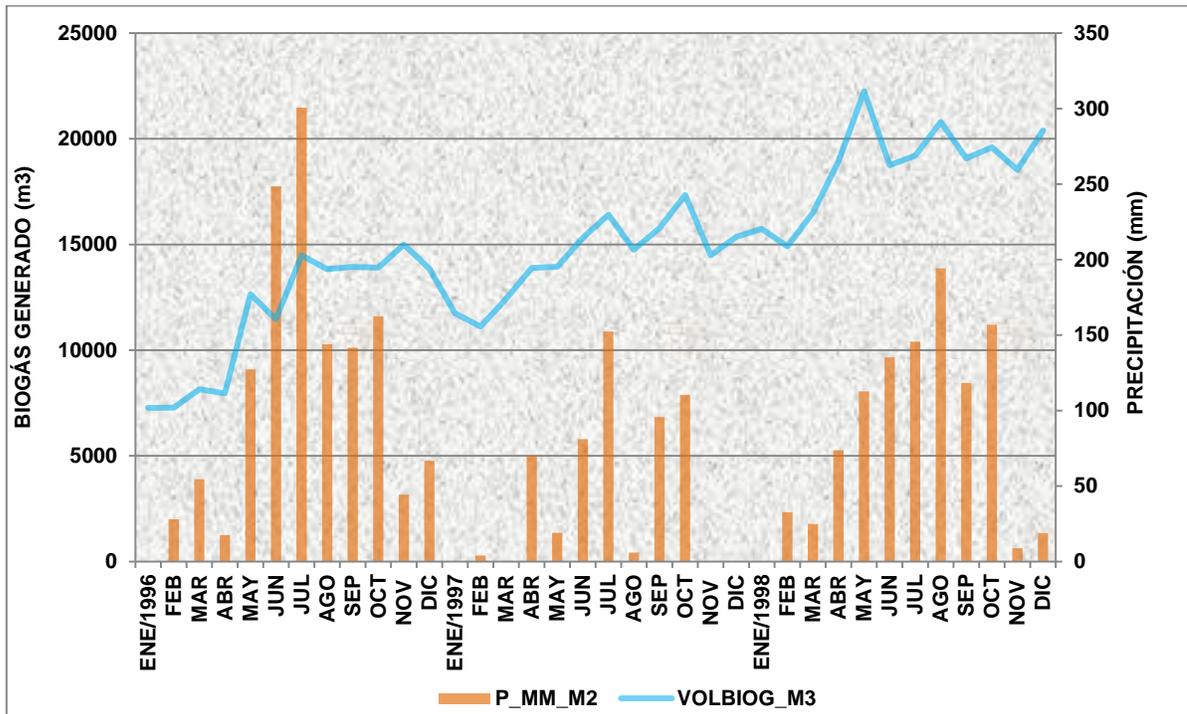


Figura 4.12. Comportamiento de la cantidad de biogás total generado y su relación con la precipitación durante los años 1996, 1997 y 1998.

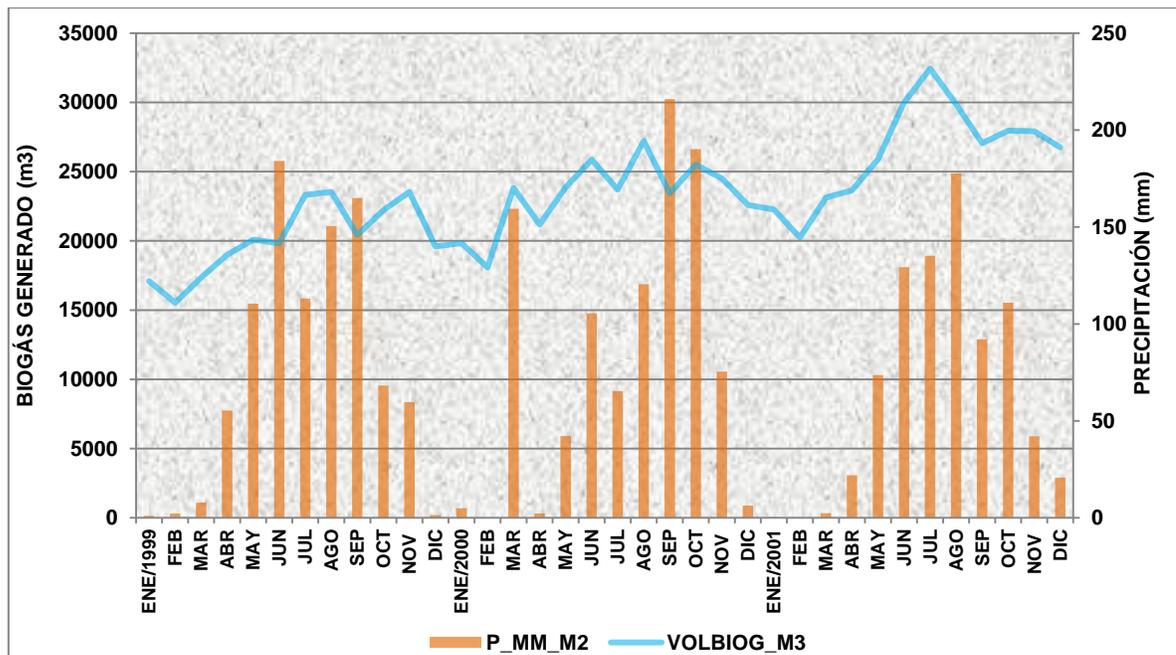


Figura 4.13. Comportamiento de la cantidad de biogás total generado y su relación con la precipitación durante los años 1999, 2000 y 2001.

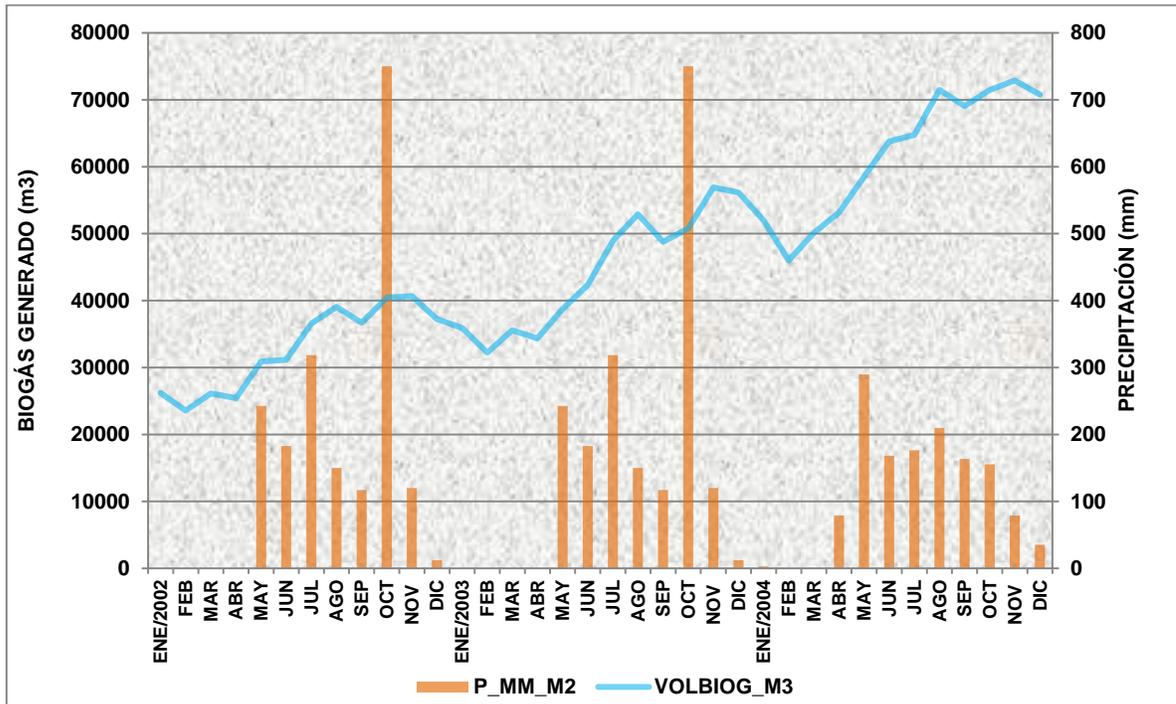


Figura 4.14. Comportamiento de la cantidad de biogás total generado y su relación con la precipitación durante los años 2002, 2003 y 2004.

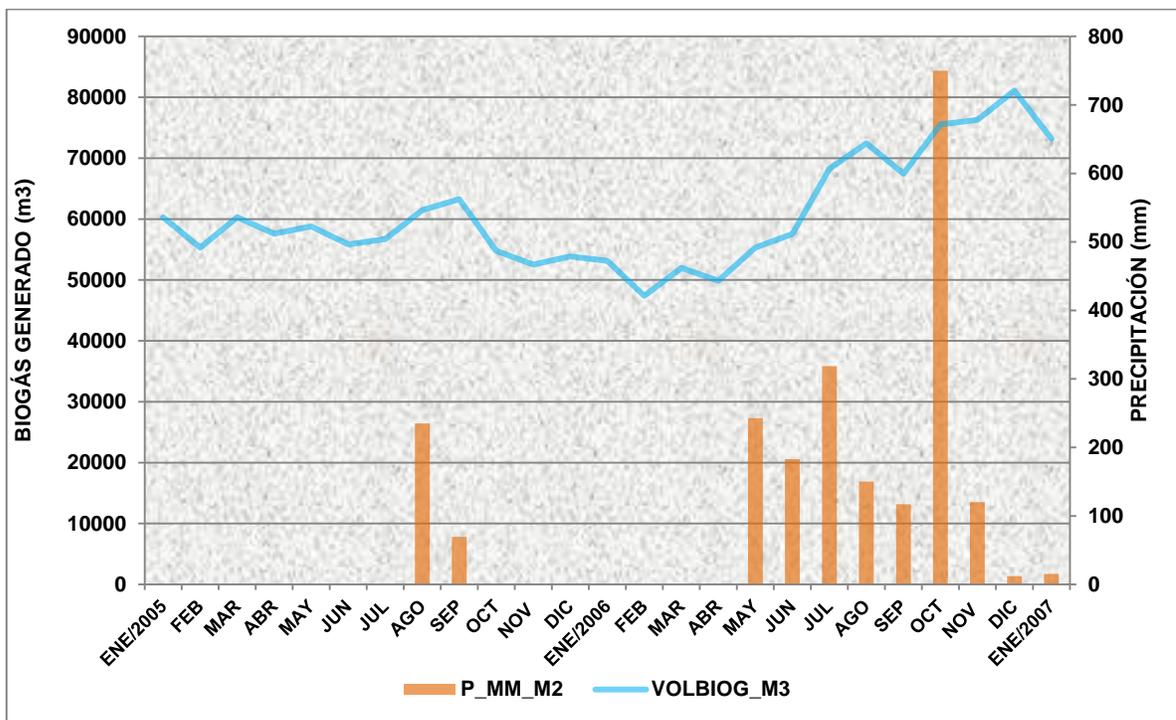


Figura 4.15. Comportamiento de la cantidad de biogás total generado y su relación con la precipitación durante los años 2005, 2006 y 2007.



Los resultados presentados para la generación total de biogás engloban a los volúmenes de CH₄, CO₂, H₂, O₂ y N₂, el comportamiento de estos gases es en general creciente en el intervalo de simulación, siendo el valor máximo alcanzado 81.090 m³ y se presenta en diciembre de 2006. Una vez más se debe resaltar el hecho de que el programa MODUELO 2.0, no considera el efecto de la recirculación de los lixiviados, lo cual implica una mayor humedad de los desechos y en consecuencia condiciones más favorables para la generación de biogás. La caracterización del biogás en el sitio de disposición final de desechos estudiado, deberá ser objeto de análisis en posteriores investigaciones a fin de determinar en forma más exacta su composición y evaluar la viabilidad de su uso energético.

4.4.2. VOLÚMENES DE METANO Y DIÓXIDO DE CARBONO GENERADOS EN EL INTERVALO DE SIMULACIÓN.

A continuación se presentan resultados gráficos de la simulación realizada, que ilustran el comportamiento del CH₄ y CO₂ generado junto con la precipitación mensual en el relleno sanitario de “La Paragüita”, presentados en lapsos de 3 años.

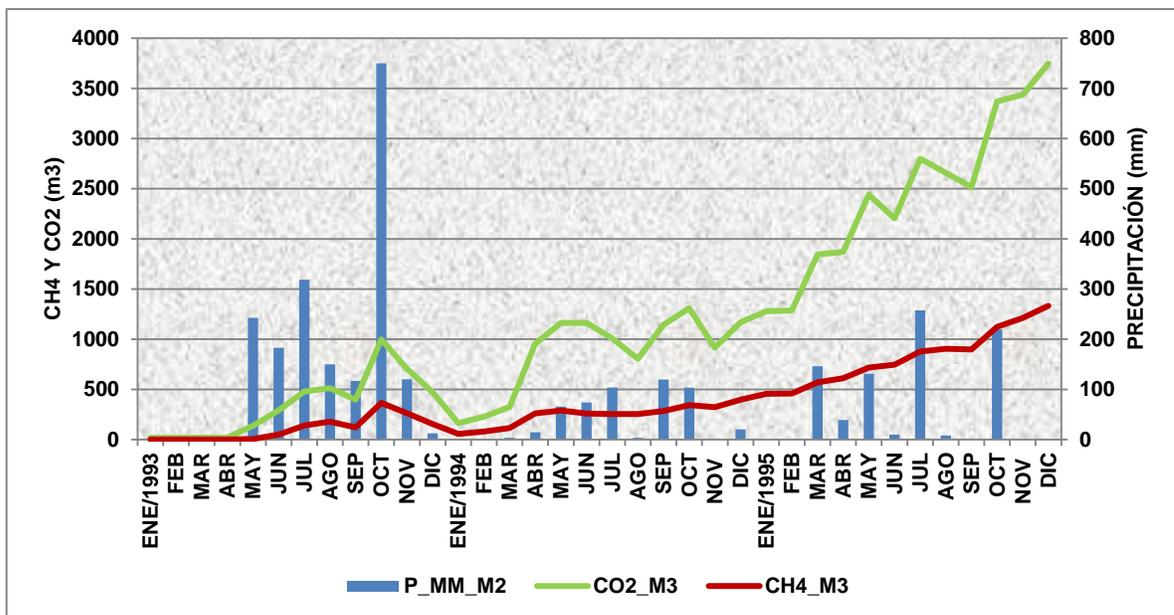


Figura 4.16. Comportamiento de las cantidades de CH₄ y CO₂ generados y su relación con la precipitación durante los años 1993, 1994 y 1995.

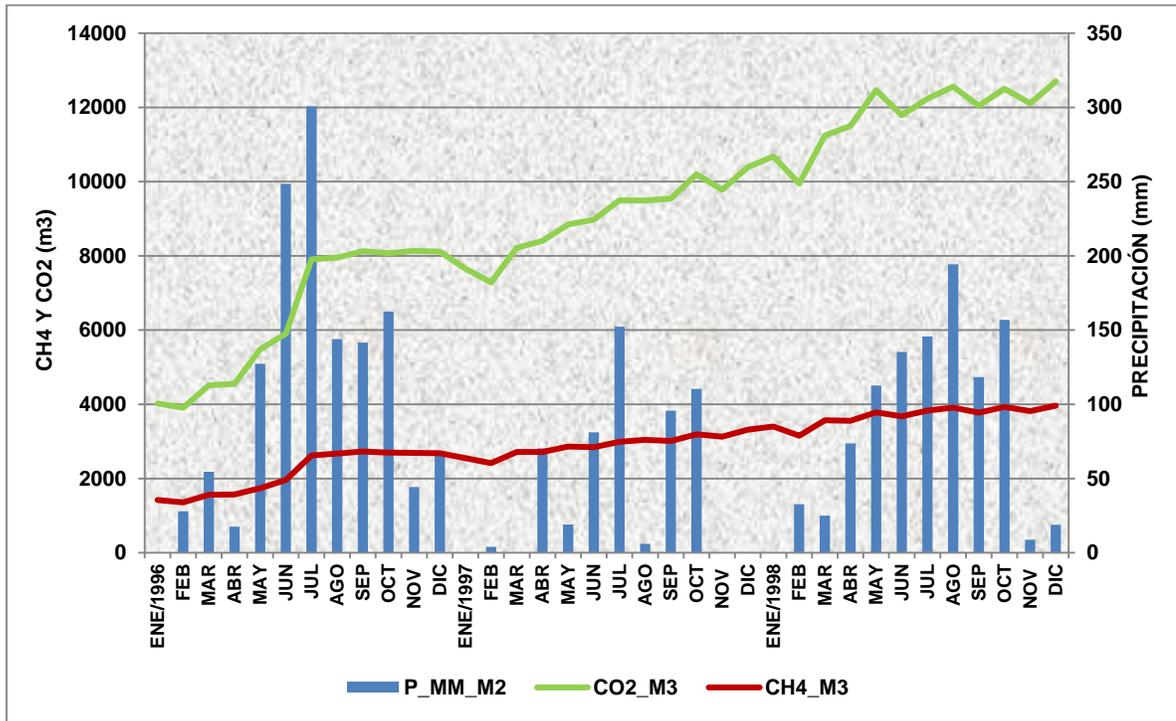


Figura 4.17 Comportamiento de las cantidades de CH₄ y CO₂ generados y su relación con la precipitación durante los años 1996, 1997 y 1998.

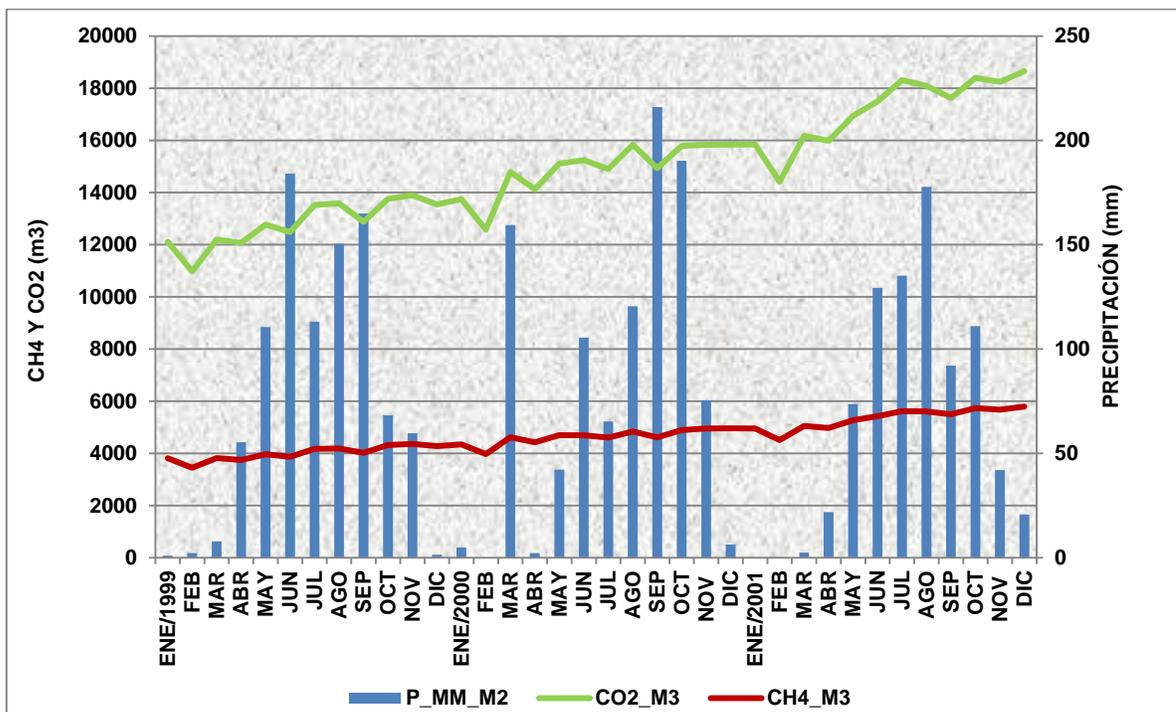


Figura 4.18. Comportamiento de las cantidades de CH₄ y CO₂ generados y su relación con la precipitación durante los años 1999, 2000 y 2001.

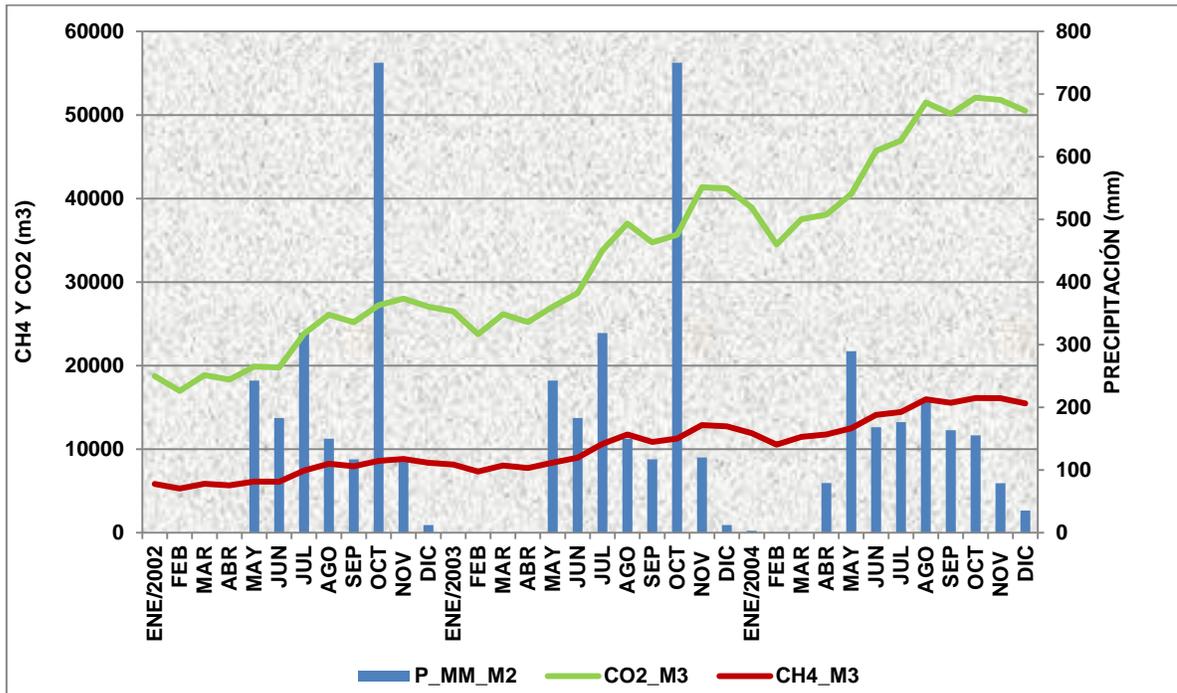


Figura 4.19. Comportamiento de las cantidades de CH₄ y CO₂ generados y su relación con la precipitación durante los años 2002, 2003 y 2004.

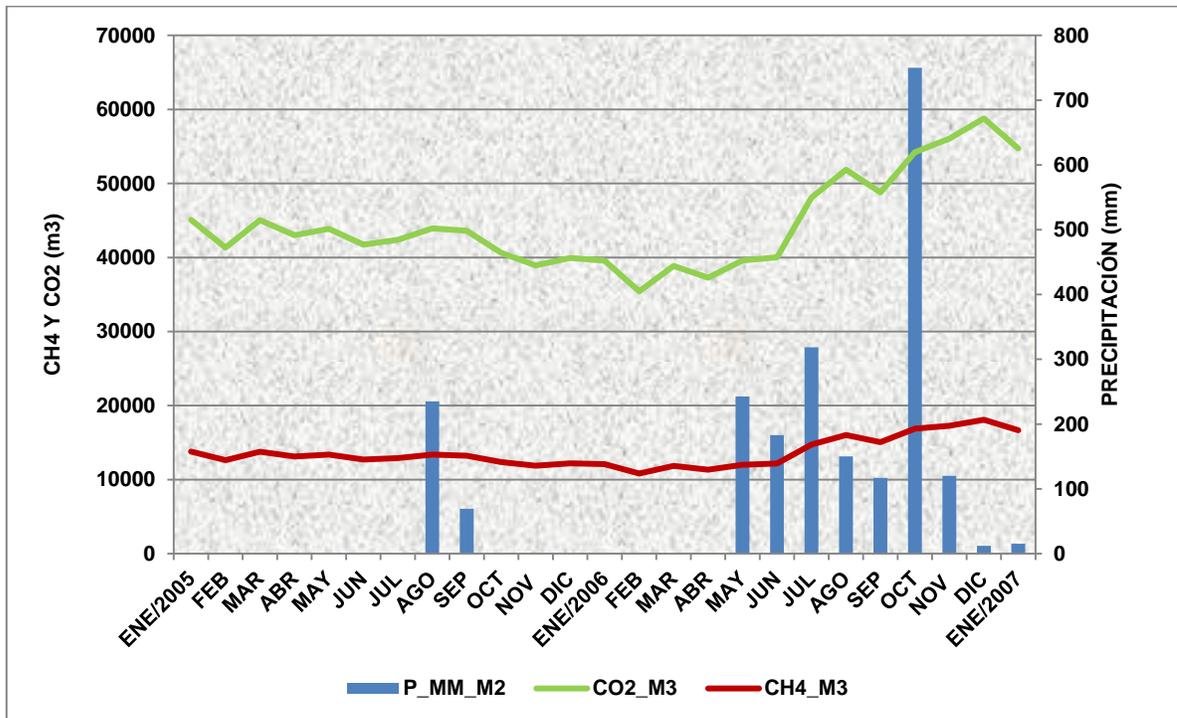


Figura 4.20. Comportamiento de las cantidades de CH₄ y CO₂ generados y su relación con la precipitación durante los años 2005, 2006 y 2007.



Las figuras 4.16 a la 4.20, ilustran el comportamiento del CH_4 y CO_2 , en el intervalo de simulación de 1993 al 2007, se aprecia que constantemente la cantidad de metano es muy inferior a la del dióxido de carbono, y como se ha mencionado, los volúmenes generados son bajos, dado que también, en “La Paragüita” solo se reciben en promedio, desde el inicio de la explotación, 142 toneladas de desechos diarios aproximadamente, (ese promedio es mayor si se considera solo los últimos 2 años, donde se mantiene por el orden de la 200 toneladas diarias). La acumulación de desechos en este relleno aún no alcanza un millón (1.000.000) de toneladas.

Comparando con otros rellenos en Venezuela, por ejemplo, el relleno sanitario de “La Bonanza”, recibe los desechos de gran parte del área metropolitana de Caracas, donde se generan diariamente 4.000 toneladas de residuos, en 2008 se recogieron un total de 1.470.946,7 toneladas, y actualmente el biogás producido en este relleno contiene un 35% de metano, con un flujo de 12.000 m^3 /hora de biogás, este metano es convertido en dióxido de carbono a través de quemadores que han sido instalados en dicho relleno, el comportamiento en la generación de gas se debe extender por los próximos 20 años. El biogás generado en “La Bonanza”, tiene las condiciones para generar entre 16 y 20 MW, suficientes para abastecer con energía eléctrica a unas 60.000 personas (COTECNICA, 2008).

La Bonanza fue inaugurada en 1972. Anteriormente funcionaba como un botadero de basura, pero fue en 1998, al entregarse la concesión a Cotécnica, cuando pasa a ser un relleno sanitario con una extensión de 176,47 hectáreas. Cuenta con moderna tecnología que se basa en sistemas de tratamientos de lixiviados y de recuperación de biogás únicos en Venezuela. Los desechos se depositan en celdas impermeabilizadas a través de geomembrana de polietileno, que garantizan que los líquidos no vayan a contaminar las aguas subterráneas.

El relleno sanitario de “La Paragüita” recibe aproximadamente el 5% de desechos en comparación con las 4.000 ton/día que se vierten en “La Bonanza”,



además solo en 1 año han recibido casi el doble de lo que se ha vertido en “La Paragüita” en 14 años de explotación. Para el caso estudiado se tiene, en promedio para el intervalo de simulación (1993-2007), equivalente a 5.142 días, una producción diaria de biogás de 916,30 m³/día ó 38,18 m³/hora, aspecto que condiciona el uso energético del biogás generado en “La Paragüita”, ya que los resultados arrojados por MODUELO 2.0, demuestran que la producción de biogás es muy baja, por otro lado, no se puede obviar el hecho, del efecto de la recirculación, que pudiera marcar la diferencia entre lo simulado y lo que realmente está ocurriendo en el relleno sanitario en estudio. Y como se ha destacado “La Paragüita” puede considerarse un relleno sanitario joven, en comparación con “La Bonanza” que opera desde 1.972.

Varios estudios sugieren que el sector de los rellenos sanitarios y la recuperación de biogás, y en particular del metano, representan una buena oportunidad para contribuir a los objetivos del Protocolo de Kioto y a la vez al desarrollo sustentable de Latinoamérica y el Caribe, según el Panel Internacional del Cambio Climático (IPCC) el metano tiene una equivalencia en cuanto a su contribución a el efecto invernadero de 21 veces la del dióxido de carbono, es por ello que deben tomarse medidas de control de estas emisiones gaseosas a la atmósfera, utilizando la alternativa que arroje el mayor beneficio ambiental y viabilidad económica, en todo caso se debe neutralizar el metano generado, para evitar en lo posible su liberación a la atmósfera y consecuente contribución al efecto invernadero, y de ser posible hacer uso energético del mismo.

El biogás puede ser utilizado como combustible para la generación de energía y reemplazar el uso de fuentes más contaminantes y de mayor impacto global, desplazando así fuentes generadoras de efecto invernadero. Por ejemplo, si el biogás es usado para generar electricidad en vez de otros combustibles o reemplazando la generación de una central termoeléctrica de petróleo, se pueden reducir emisiones adicionales en cantidades directamente relacionadas con la participación de combustibles fósiles en la matriz de generación de un país. Finalmente, los proyectos de aprovechamiento energético del biogás generados en los vertederos incentivan la



mejora de los sistemas de manejo de residuos, al requerir un perfeccionamiento de las instalaciones y operaciones de disposición final de la basura.

En la actualidad, en Venezuela no existe un interés económico que sustente la posibilidad del uso energético del metano generado en los rellenos sanitarios existentes, debido a las inmensas reservas energéticas en combustibles fósiles que ostenta, sin embargo si se considera el aspecto ambiental, las Metas del Milenio y el Protocolo de Kioto, pudiera afirmarse que sin lugar a dudas, debe promoverse el uso de energías limpias y alternativas. Por otro lado con el ritmo de explotación de los combustibles fósiles, la obtención de energía a partir de esta fuente quedará limitada al mediano y largo plazo, es por ello que deben evaluarse las posibilidades de utilizar fuentes de energía que garanticen la vida y el bienestar de las futuras generaciones.

En el caso de “La Paragüita” deben preverse soluciones al corto plazo, ya que las primeras etapas de explotación eran principalmente suelos arcillosos, y las etapas siguientes, corresponderán a suelos arcillosos y arenosos, aspecto que favorece la infiltración de lixiviados, por otro lado, de seguir el ritmo marcado en la producción de desechos (Tabla A.25), la generación de lixiviados también será mayor.

En base a los resultados obtenidos, en cuanto a volumen de lixiviados, su DBO y DQO, se plantearán alternativas de solución que resulten más apropiadas al problema de los lixiviados en el relleno sanitario de “La Paragüita”, por otro lado en lo concerniente al biogás, conocido el volumen generado y la composición de sus principales constituyentes, como son metano y dióxido de carbono, se evaluará la posibilidad de su uso como fuente alternativa de energía.



CAPÍTULO V. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el presente capítulo, se muestran las principales tecnologías utilizadas en el tratamiento de lixiviados y uso de biogás, así como la viabilidad de ser implementadas en el relleno sanitario de “La Paragüita”.

5.1 PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN FINAL DEL LIXIVIADO Y USO DEL BIOGÁS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

Las alternativas de tratamiento de lixiviados se pueden categorizar de acuerdo a varias características, como por ejemplo, de acuerdo a los niveles de tratamiento que se logren con cada una de ellas, o por el tipo de contaminación que puedan remover. Los lixiviados contienen todos los mayores grupos de contaminación conocidos como son la contaminación por patógenos, por materia orgánica, la contaminación por nutrientes, y por sustancias tóxicas. En algunos casos la remoción de uno de los grupos de contaminación se ve impedido por la presencia del otro grupo como es el caso de la remoción de la materia orgánica y los metales pesados. A continuación se presentan cuatro de la tecnologías de uso más extendido para el tratamiento de lixiviados que fueron extraídas del trabajo de Giraldo (1999).

5.1.1. POSIBLES TECNOLOGÍAS A UTILIZAR PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

5.1.1.1. PROCESOS ANAEROBIOS (A-1)

Las tecnologías clásicas para la remoción de materia orgánica, que como en el caso de los lixiviados es predominantemente materia orgánica disuelta, son los procesos biológicos de tratamiento. Para el caso de un lixiviado joven, en especial lixiviados de rellenos con altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable, los consecuentemente altos contenidos de materia orgánica parecieran



idealmente apropiados para la aplicación de los procesos anaerobios de tratamiento. De hecho existen numerosos reportes de trabajo de todo tipo de tecnologías anaerobias, desde las más simples lagunas anaerobias. En términos de las reducciones de DBO se reportan muy altas eficiencias a cargas razonables. Usualmente se usan para llegar a niveles de tratamiento secundario, pero cuando se requieren eficiencias superiores se utilizan como pretratamiento, precediendo a sistemas aerobios como los lodos activados.

Las principales ventajas que tienen los procesos anaerobios en este contexto son la mayor simplicidad en el sistema de tratamiento y la menor producción de lodos. Esto se refleja en menores costos de inversión de capital y de operación y mantenimiento, y en menores requisitos técnicos en el personal que opera el sistema. Los investigadores que han trabajado con los sistemas de tratamiento anaerobio para lixiviados en rellenos sanitarios coinciden en indicar una acumulación muy significativa de material inorgánico precipitado dentro del reactor y en los lodos mismos del sistema anaerobio.

La acumulación de material precipitado dentro del reactor termina por formar incrustaciones que limitan el volumen activo del reactor, limitan la actividad de los lodos, y taponan los sistemas de conducciones de los reactores acabando finalmente en un colapso del sistema de tratamiento, o alternativamente, en costos y complicaciones muy grandes en la operación y mantenimiento de las plantas. Con base en estas experiencias, se concluye que es necesario bien sea hacer pretratamientos que minimicen los efectos de la toxicidad y/o de los materiales incrustantes, o trabajar con diseños de reactores anaerobios que sean más resistentes a éstos fenómenos.

5.1.1.2. PROCESOS AEROBIOS (A-2)

Los procesos aerobios al igual que los anaerobios han sido ampliamente estudiados para el tratamiento de los lixiviados de rellenos sanitarios. Existe experiencia



con una gran variedad de tipos de sistemas, desde las tradicionales lagunas aireadas, hasta sofisticados sistemas que acoplan reactores biológicos con procesos de ultrafiltración con membranas. Su rango de aplicación es conocido al igual que los problemas y limitaciones que pueden surgir en su uso. Se utilizan cuando se requiere obtener una baja concentración de DBO en los efluentes. Vale la pena aclarar que como usualmente las concentraciones de DBO en los lixiviados son muy altas es relativamente fácil tener remociones porcentuales superiores al 90% en este parámetro.

Sin embargo la DBO remanente puede ser todavía alta. Los costos de inversión y de operación y mantenimiento son significativamente superiores a los de los procesos anaerobios cuando los lixiviados son concentrados, como es el caso de un lixiviado joven, por lo que se logran mejores relaciones beneficio / costo cuando se utilizan para tratar lixiviados con concentraciones medias o bajas de DBO. Por esta razón, y dependiendo de las exigencias del vertimiento, se usan preferencialmente como post tratamiento a los sistemas anaerobios, o para lixiviados viejos con bajos niveles de DBO. En los reportes operativos se mencionan problemas con la generación de espumas, con la precipitación de hierro, y en el caso de los lodos activados, problemas para aceptar altas variaciones en las cargas hidráulicas y orgánicas que caracterizan a los lixiviados, como ya se ha mencionado anteriormente. Esto último puede implicar que los sistemas requieran tanques de ecualización de caudales como parte del tratamiento. Igualmente, y dependiendo de la forma de operación del proceso, se tiene una alta generación de lodos residuales, en mayor cantidad que los procesos anaerobios, que es necesario procesar aumentando los costos de inversión y de operación y mantenimiento.

Por otra parte, en casos en donde los lixiviados traigan cantidades importantes de compuestos orgánicos volátiles (COV), el aire que se usa en el proceso de la aireación del tanque biológico debe ser tratado a su vez para remover los COV que se arrastran. Esto igualmente hace más compleja la operación de los sistemas de tratamiento y aumenta los costos. Por la naturaleza misma del proceso que se tiene, la



operación de un proceso aerobio requiere mayor capacidad técnica por parte del operador, al igual que mayor necesidad de mantenimiento de equipos.

5.1.1.3. EVAPORACIÓN (A-3)

La utilización de la evaporación como sistema de tratamiento de lixiviados es una aplicación nueva. En ella se utiliza la energía que se tiene en el biogás del relleno sanitario en evaporar el lixiviado por calentamiento. Las tecnologías existentes permiten lograr el control del total de emisiones de lixiviados del relleno sanitario, quedando un lodo que se dispone nuevamente en el relleno. La experiencia y los cálculos de producciones de gas y lixiviados en los rellenos sanitarios indican que se tiene gas en exceso para suplir las necesidades energéticas de evaporación del lixiviado.

Dependiendo del tipo de lixiviado en algunos casos existe la necesidad de hacer un post-quemado de la mezcla gas-vapor de agua que sale del evaporador para lograr la destrucción de emisiones de COV que se arrastran durante el proceso de evaporación, de tal manera que la cantidad requerida de biogás se aumenta con respecto a los cálculos termodinámicos normales. Sin embargo, una vez quemados los COV las emisiones del proceso se limitan a vapor de agua y a un lodo espesado. Algunas de las tecnologías utilizan de manera directa la energía que se genera al quemar el gas con el objetivo central de evaporar el lixiviado, lo que se denomina vaporización del gas, mientras que otras tecnologías pueden utilizar el calor residual que generan motores de combustión o turbinas, que utilizan el biogás para generar potencia mecánica, que a su vez se puede usar para la generación eléctrica. De esta manera, se están logrando llevar a cabo no solamente el aprovechamiento del gas para la conversión a energía eléctrica, sino el tratamiento de los lixiviados, solucionando los dos principales problemas que tienen los rellenos sanitarios: emisiones de gases y de lixiviados. Esta es tal vez la principal ventaja que se tiene con la tecnología de la



evaporación y que no se logra con ninguno de las otras alternativas de una manera simultánea como en este caso.

Otras de las ventajas que con frecuencia se mencionan en favor de la tecnología de la evaporación son la simplicidad tecnológica de los equipos, y los bajos costos comparativos con otras tecnologías similares. La tecnología de la evaporación también ha reportado problemas operativos, que en algunos casos ya se sabe cómo solucionarlos, pero que sin embargo vale la pena mencionar. En general son problemas similares a los reportados para otras de las tecnologías citadas anteriormente, como es el caso de la formación de espumas por la turbulencia generada en el proceso de evaporación, el incrustamiento de precipitados en el sistema, y el arrastre de COV. Igualmente cuando los lixiviados son jóvenes y existen altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y amoníaco, y dependiendo del pH al cual se realice la evaporación, estos compuestos se pueden arrastrar junto con el vapor de agua. En algunos casos se ha propuesto realizar ajustes de pH para minimizar el arrastre de los ácidos y/o del amoníaco. En otros casos se han propuestos sistemas de evaporación múltiple que en una etapa se controlan las emisiones del amoníaco, mientras que en la otra las emisiones de ácidos grasos. De hecho varias de las tecnologías existentes permiten hacer ajustes de pH durante el proceso de evaporación.

5.1.1.4. RECIRCULACIÓN DE LOS LIXIVIADOS (A-4)

La recirculación de los lixiviados se ha propuesto desde hace varios años como una alternativa para su tratamiento. Más recientemente se conoce su uso como la tecnología del relleno biorreactor, que en la actualidad se está estudiando en detalle en los Estados Unidos con apoyo de la EPA para elucidar varias preguntas que aún persisten sobre el proceso. Se pretende utilizar el relleno sanitario como un gran reactor anaerobio de tal manera que dentro del mismo relleno se logre la conversión a metano de los ácidos grasos que están presentes en el lixiviado. Al recircular los lixiviados se logra un aumento en la humedad de los residuos dispuestos, que a su vez genera un



aumento de la tasa de producción de gas metano en el relleno. Una vez que los ácidos grasos han sido metanizados, el pH del lixiviado aumenta, y al aumentar el pH la solubilidad de los metales disminuye de tal forma que se logra una disminución de los metales en solución que son transportados por el lixiviado. De esta manera se logra una reducción significativa tanto de la DBO como de los metales que finalmente arrastra el lixiviado.

Usualmente se considera que el nivel de tratamiento alcanzado es el de pre tratamiento, siendo necesario algún tipo de tratamiento posterior que dependerá de los requisitos de los permisos de vertimiento en cada caso. Las experiencias indican que entre 3 y 10 años se debe recircular un lixiviado para generar los efectos de tratamiento requeridos. A la recirculación del lixiviado con frecuencia se le imputan otros beneficios adicionales a su efecto en el pre tratamiento de los lixiviados como son: aumento en las tasas de producción de biogás en el relleno sanitario, maximización de la producción de gas por tonelada de residuo dispuesta, aumento de las tasas de estabilización y asentamientos en el relleno. Esta última a su vez genera ventajas como son el aumento de la capacidad del relleno por la ganancia asociada de volumen, y la disminución en las actividades de post-clausura del relleno. Adicionalmente, por el aumento de la humedad y la tasa de generación de gas, la recirculación de los lixiviados en el relleno sanitario puede generar aumentos significativos de las presiones de internas de los fluidos, gases y líquidos, que comprometan la estabilidad estructural de los taludes.

Los efectos de la humedad en las conductividades hidráulicas de los gases y los líquidos en un medio no saturado como un relleno sanitario, obedecen a relaciones altamente no lineales, en donde pequeñas variaciones de la humedad pueden generar grandes variaciones en la conductividad. Estas variaciones en la conductividad de los gases y líquidos dentro de la matriz del relleno, se reflejan en aumentos de las presiones internas en el relleno. Es necesario mirar con cuidado los aspectos de seguridad geotécnica en los rellenos sanitarios cuando se considere el uso de la recirculación de los lixiviados como un método de pre tratamiento. Esto implica



cuidados especiales en términos de la instrumentación geotécnica del relleno, y en los sistemas de drenaje y evacuación de líquidos y gases.

5.1.2. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS A APLICAR EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

**TABLA 5.1.
MATRIZ DE DECISIÓN DE ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS PARA EL
TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE
“LA PARAGÜITA”.**

Factor de decisión	Pond.	Puntuación de las alternativas			
		A-1	A-2	A-3	A-4
1. Formación de precipitados	40	0	1	2	1
2. Formación de espumas	40	2	0	1	2
3. Emisiones de COV	40	2	0	1	2
4. Sensibilidad a las variaciones de caudal	60	1	1	2	2
5. Producción y manejo de lodos	20	0	2	2	3
6. Requerimientos de área	70	1	1	3	2
7. Necesidad de insumos químicos	20	0	0	2	3
8. Necesidad de insumos operacionales	20	1	1	2	2
9. Suministro de energía	40	1	0	3	1
10. Complejidad operacional	30	2	0	1	3
11. Disminución de la DBO	70	2	3	3	1
12. Costos	100	1	0	1	3
Total puntuación Ponderada		650	440	1070	1120

En las alternativas la puntuación puede ser:

- Cero (0): caso muy desfavorable
- Uno (1): caso desfavorable
- Dos (2): caso favorable
- Tres (3): caso muy favorable

La variable costos es el factor de decisión considerado como de mayor importancia, y para su evaluación se tomará en cuenta los valores reportados en la bibliografía consultada, y se muestra tabulada a continuación:



TABLA 5.2.
COMPARACIÓN DE COSTOS DE LA DIFERENTES TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS.

TRATAMIENTO	COSTO (US\$/M ³)
Proceso aeróbico con remoción de nitrógeno	20
Ósmosis inversa en dos etapas	7-10
Proceso biológico + carbón activado	25-35
Proceso biológico+ Ósmosis inversa +evaporación del concentrado	35-40
Evaporación	5
Humedales	1
CONSUMO ENERGÉTICO	CANTIDAD
Ósmosis inversa-Nanotración	8,5 Kwh/m ³
Evaporación al vacío	12 Kwh/m ³

Fuente: Giraldo, 1997.

Como se observa, el resultado indica que la alternativa **A-4**, presenta la mayor puntuación ponderada en la matriz de decisión, lo cual sugiere que la alternativa “Recirculación de lixiviados” es indicada para ser evaluada en un análisis más profundo, junto con la alternativa **A-3**, “Evaporación del lixiviado”, y determinar cuál de estas tecnologías presenta los mayores beneficios ambientales y menores costos, a fin de lograr su implementación y mejorar así la gestión integral de residuos sólidos en el relleno sanitario de “La Paragüita”.

En el relleno sanitario de “La Paragüita”, se realiza la recirculación del lixiviado, pero debido a que es un sistema manual, muchas veces al llenarse las tanquillas de recolección, el lixiviado se derrama, entrando en contacto directo con el suelo. Pueden plantearse propuestas de mejora del sistema de recirculación, como por ejemplo, la



automatización del sistema de recirculado, colocando sensores que permitan el encendido de las bombas al llenarse las tanquillas, o que una vez recirculado el lixiviado este, con características de pre tratamiento, pueda ser sometido a otro tipo de tratamiento que ajuste sus condiciones a la norma establecida por el decreto 883 (Revisión Decreto 883 Versión después de Consulta Pública 15.02.05), en su Artículo 28 que dice: “Las aguas residuales generadas en los rellenos sanitarios -lixiviados- cumplirán con los rangos y límites establecidos en el artículo 12 de este Decreto.”

Se establece en el citado artículo, que dependiendo del sitio donde vaya a ser descargado un cuerpo de agua, deberá tener ciertas características, siendo el artículo 23, el que presenta los rangos máximos de descarga: “A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de los efluentes líquidos que sean o vayan a ser descargados, a las redes de cloacas”, donde se permiten valores de DBO de 350 mg/l y DQO de 900 mg/l. Las mayores remociones (90%) de DBO y DQO que pudieran alcanzarse con alguno de los procesos mencionados, aún dejarían al lixiviado joven, sin los requerimientos mínimos del decreto citado. Es por ello que se emplearía en todo caso una combinación de procesos, a fin de cumplir con las restricciones mínimas ambientales.

La propuesta de evaporar los lixiviados debe considerarse, ya que esta permite la solución de los dos mayores problemas existentes en un relleno sanitario, como son la eliminación de lixiviados y de metano, a través de su conversión en energía para evaporar el lixiviado. Aunque sus costos en comparación con la recirculación son mayores, dado que, por un lado se tiene el costo del equipo requerido, además el lixiviado pudiera requerir algún tipo de pretratamiento y se debe prever solución a la liberación de COV.

Es necesario establecer la relación costo-beneficio, que permita constatar si la alternativa de evaporación de lixiviados es la más adecuada para aplicar en el relleno sanitario de “La Paragüita”.



5.1.3. PRINCIPALES TECNOLOGÍAS UTILIZADAS PARA EL USO O NEUTRALIZACIÓN DE BIOGÁS.

Existen varias tecnologías para la generación de energía del biogás: microturbinas, motores de combustión interna, turbinas a gas, ciclo combinado, turbinas a vapor de caldera, etc. Adicionalmente, existe una serie de tecnologías experimentales para aprovechar tanto el CO₂ como el metano generado en los rellenos sanitarios, entre ellas; uso de celdas de combustible de ácido fosfórico (PAFCs) para la generación de energía eléctrica y calor, conversión del metano en gas comprimido para su uso en vehículos, utilización del metano para evaporar los líquidos percolados y condensados del biogás, operación de rellenos como biorreactores aeróbicos o anaeróbicos, producción de metanol, producción de CO₂ industrial, uso del biogás para calefacción de invernaderos y para aumentar su contenido de CO₂.

El motor de combustión interna es la tecnología más utilizada en rellenos sanitarios para la recuperación energética del biogás. Aproximadamente el 80% de los 330 proyectos de energía de biogás de rellenos sanitarios que operaba el 2002 en EE.UU. los usaban (*Methane Outreach Program*, EPA). Este tipo de motores son eficientes y más baratos que otras alternativas, y se recomiendan para aquellos proyectos capaces de generar entre 1 y 3 MW. Además, tienen la ventaja de que se encuentran disponibles en diferentes tamaños, los que pueden irse adicionando al sistema respondiendo a los incrementos en la generación de gas.

En el manual "*Landfill Gas to Energy*" de la EPA (1996) se consigna que la oferta de generadores para proyectos de este tipo varía entre los 800 KW y los 3MW, sin embargo hoy en día proyectos menores también estarían utilizando motores de combustión interna. La EPA señala que actualmente se pueden instalar microturbinas desde 30 kW a 100 kW, lo que hace posible que rellenos sanitarios pequeños también puedan generar energía eléctrica o reducir emisiones. Este tipo de proyectos normalmente se utiliza para autoconsumo del relleno o para vendérselo a consumidores



cercanos (una turbina de 30 kW alcanzaría para alimentar el equivalente a 20 casas). Sin embargo, la inversión requerida para estas turbinas es bastante alta, entre \$4.000 y \$5.000 para turbinas de 30 kW. La EPA recomienda utilizar las siguientes relaciones para estimar el potencial de generación de energía del biogás de rellenos sanitarios:

Potencial de generación de energía bruto (KWB): Esta es la capacidad instalada de generación que el flujo de biogás obtenido de un relleno puede soportar y está dado por la siguiente fórmula (Ecuación 1):

$$kW = \text{Flujo de biogás (pie}^3/\text{día)} \times \text{Contenido de energía (Btu/pie}^3) \times 1/\text{tasa calorífica (kWh/Btu)} \times 1\text{día}/24\text{horas}$$

Donde:

- **Flujo de biogás:** se refiere a la cantidad neta de biogás por día que es capturada por el sistema de recolección, procesada y entregada al equipo de generación eléctrica (usualmente se supone que esta alcanza entre el 75% y el 85% del total de gas producido en el relleno) (pie³/día).
- **Contenido de energía del biogás:** aproximadamente 500 Btu/pie³. (Valdés, 2003)
- **Tasa calorífica:** es 12.000 Btu/kWh en motores de combustión interna y 8.500 Btu/kWh en turbinas de ciclo combinado (Valdés, 2003).
- **Potencial de generación de energía neto (kWN):** Esto equivale al potencial de generación de energía bruto menos las cargas parasíticas de sistemas auxiliares y equipos, las que alcanzan un 2% para motores de combustión interna y 6% para turbinas de ciclo combinado (estándares EPA).
- **Factor de capacidad anual:** Este es el porcentaje de horas al año que el equipo produce electricidad a su capacidad de diseño. Para el caso de proyectos de biogás se



estima entre 80 y 95%, considerando un porcentaje de parada de 4 a 10%. Se asume normalmente un 90% para este factor.

- **Electricidad anual generada:** Esta es la cantidad de electricidad generada en un año, medida en kWh, que es igual al potencial de energía neto multiplicado por el número de horas operacionales al año. O sea, $kWh = kWN \times hrs$.

También la EPA sugiere ciertas condiciones mínimas para pensar en desarrollar proyectos de generación de energía de biogás:

- Que el relleno tenga más de 1 millón de toneladas de basura acumuladas, o genere más de 625.000 pies cúbicos al día, 4.200 toneladas al año (considerando un poder calorífico de 450Btu/kWh).
- Que el sitio esté recibiendo basura o se encuentre cerrado por menos de 5 años, ya que el punto máximo de generación se alcanza poco después de cerrado un relleno.
- Que tenga una profundidad no menor a 13 metros. En general, la EPA considera económicamente viables a rellenos que generen entre 625 mil y 2 millones de pies cúbicos de biogás diarios, pero reconoce que actualmente existen proyectos cuyas características les permiten generar energía con menos de 20.000 pies cúbicos diarios.

De hecho, 27 de los 383 proyectos eléctricos en operación y futuros en el Landfill Gas to Energy Program de la EPA no cumplen con esta condición. Adicionalmente, 60 nuevos proyectos se estarían planificando para rellenos que llevarían más de 5 años cerrados y, de los actualmente en operación, 103 lo hacen en rellenos con más de 5 años cerrados.

La información anterior sugiere que, a pesar de las incertidumbres que existen en cuanto a la determinación precisa de la cantidad de biogás que se puede generar en un



relleno sanitario, y cuánto de ella se puede recolectar y aprovechar energéticamente, las que sólo se pueden despejar empíricamente cuando los proyectos de biogás a energía se encuentran desarrollados y en operación, es posible utilizar ciertas reglas ya bastante consensuadas por los expertos, para discriminar entre proyectos potenciales.

5.1.4. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE DISPOSICIÓN DE BIOGÁS A APLICAR EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”

De acuerdo con los resultados arrojados por MODUELO 2.0, en el relleno sanitario de “La Paragüita”, se generan diariamente 916,30 m³/día (32.358,83 pie³/día) de biogás, y como se ha mencionado en el capítulo anterior, para el intervalo de simulación solo se habían colocado 778.110 toneladas de desechos, basado en estas características, el relleno sanitario estudiado, no cumple con los estándares mínimos recomendados por la EPA, para usar el biogás como energía (625.000-2.00.000 pie³/día, y al menos 1.000.000 de toneladas colocadas).

En términos reales el relleno sanitario se encuentra cercano a la cifra del 1.000.000 de toneladas depositadas a la fecha actual (febrero 2009). Por otro lado, en todas las fosas construidas se tiene que la altura de relleno es de 15 metros o más, incluidas las excavaciones correspondientes, estos aspectos son indicadores que a futuro, las condiciones para el uso energético del biogás, serán más favorables. Tomando en cuenta que rellenos sanitarios con menos de 20.000 pie³/día, pudieran generar energía eléctrica, se estudiará esta posibilidad para el relleno sanitario de “La Paragüita”, ya que como se ha mencionado en el mismo se generan, según lo determinado con MODUELO 2.0, 32.358,83 pie³/día. A continuación se utilizará la ecuación 1, presentada anteriormente, para determinar la cantidad de energía que pudiera generarse, utilizando motores de combustión interna y turbinas de ciclo combinado. El flujo de biogás, será calculado como el 90% del flujo total obtenido de la simulación con MODUELO 2.0.



TABLA 5.3
POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA NETO UTILIZANDO MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA Y TURBINAS DE CICLO COMBINADO

	MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	TURBINAS DE CICLO COMBINADO
Tasa calorífica (Btu/kWh)	12.000	8.500
Flujo de biogás (pie³/día)	29.122,94	29.122,94
Contenido de energía del biogás (Btu/pie³)	500	500
Cargas parasíticas (%)	2	6
Potencial de generación de energía neto (kWN)	49,55	67,09

- ✚ Cálculo del Potencial de generación de energía neto (kWN), para motores de combustión interna:

$$kW = 29.122,94 \frac{\text{pie}^3}{\text{día}} * 500 \frac{\text{Btu}}{\text{pie}^3} * \frac{1}{12.000} * \frac{\text{Kwh}}{\text{Btu}} * \frac{1\text{día}}{24\text{h}} = 50,56kW$$

$$kWN = 50,56 - 0,02 * 50,56 = 49,55 kW$$

- ✚ Realizando el mismo cálculo para las turbinas de ciclo combinado se tiene que:

$$kW = 71,37$$

$$kWN = 71,38 - 0,06 * 71,38 = 67,09$$

Kilowatios anuales generados por la turbinas de ciclo combinado:

$$kWh=67,09*365\text{días}/1\text{año}*24\text{h}/\text{día}*0,9=528.937,56 kWh$$

De los resultados presentados en la tabla 5.3, se puede afirmar que no sería viable el uso de un motor de combustión interna, ya que como se ha mencionado anteriormente, el uso de esta tecnología, está limitado a rellenos sanitarios que generen al menos 1 MW de energía, y según los cálculos realizados con el biogás generado en “La Paragüita” con un motor de este tipo, solo se generarían 49,55 kW. Igualmente las



turbinas de ciclo combinado tienen capacidad entre 1MW y 10 MW, lo cual limita su uso para el relleno sanitario en estudio. Se considera entonces la posibilidad el uso de microturbinas, que como se ha mencionado existen en la actualidad, microturbinas que permiten generación de energía eléctrica con capacidades de 30 kW en adelante.

5.1.4.1. MICROTURBINAS:

Una microturbina es esencialmente una planta de poder miniatura, autocontenida, que genera energía eléctrica y calorífica en rangos desde 30kW hasta 1.2MW en paquetes múltiples (multipacks). Tiene una sola parte móvil, sin cajas de engranes, bombas u otros subsistemas, y no utiliza lubricantes, aceites o líquidos refrigerantes. Estos equipos pueden usar varios tipos de combustibles tanto líquidos como gaseosos, incluyendo gas amargo de pozos petroleros con un contenido amargo de hasta 7%, gas metano, gases de bajo poder calorífico (tan bajo como 350 Btu) emanados de digestores de rellenos sanitarios. Uno de los usos más prácticos y eficientes de la microturbina está en la cogeneración, utilizando ambas formas de energía simultáneamente, energía eléctrica y calor, implica precisamente maximizar el uso del combustible con eficiencias del sistema entre 70-80%. Empresas comerciales, pequeñas industrias, hoteles, restaurantes, clínicas, centros de salud, y una multitud de otras aplicaciones pueden combinar sus necesidades de electricidad y energía térmica mediante el uso de microturbinas como sistemas de cogeneración que anteriormente era difícil de lograr.

5.1.4.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MICROTURBINAS:

Entre las principales características de las microturbinas se tienen: emisiones bajas, capacidad: 30-200 kW, capacidad múltiple en combustibles, tamaño pequeño, no requiere pretratamiento del combustible y costos de mantenimiento bajos.

Desde el punto de vista ambiental buscar soluciones a la generación y emisión de biogás al ambiente, especialmente metano, es necesario y urgente, la suma de la



disminuciones por pequeñas que estas sean, puede marcar la diferencia, dado que cada megavatio de generación, de energía eléctrica a partir de biogás, en un año es equivalente a:

- ✚ La plantación de 4.900 hectáreas de árboles o eliminación de las emisiones de CO₂ de 9.000 autos.
- ✚ Prevención del uso de 99.000 barriles de petróleo, o prevenir el uso de 200 vagones de carbón, o proveer electricidad para 650 hogares.

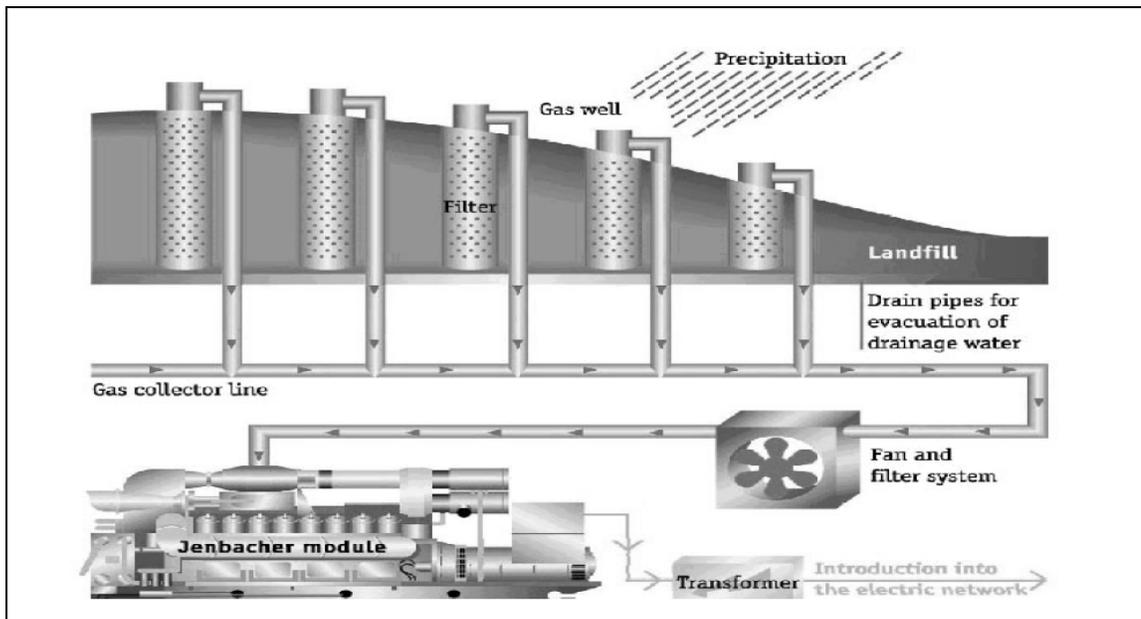


Figura 5.1. Esquema de recuperación de biogás en un relleno sanitario

FUENTE: Mauney, 2008.

5.1.5. UTILIZACIÓN DEL BIOGÁS COMO ENERGÍA PARA EVAPORAR EL LIXIVIADO

Se puede afirmar que desde el punto de vista económico y la facilidad operacional, recircular los lixiviados es una alternativa válida y útil, y actualmente aplicada en “La Paragüita”, dado que al conferirle a este líquido menores niveles de contaminación, un sitio de disposición y facilitar su evaporación disminuyendo su volumen, se ve mitigado su impacto ambiental.



Figura 5.2. Relleno sanitario con recuperación de biogás utilizando microturbinas
FUENTE: Mauney, 2008.

Por otro lado, la recirculación promueve el incremento del volumen del biogás generado, situación que no es deseable ni conveniente desde el punto de vista ambiental, en este caso el metano debería ser reducido a CO_2 de manera eficiente. Además en el relleno estudiado, existen deficiencias en cuanto a la aplicación del proceso de recirculación que pudieran ser mejoradas como se mencionó, a través de un sistema automatizado. Por otro lado, se ha demostrado que es posible generar energía con el biogás generado en “La Paragüita”, utilizando para ello una microturbina de 30 kW, para consumo del mismo relleno sanitario, y que su utilización pudiera estar enfocada a la evaporación del lixiviado, resolviendo así los dos mayores problemas existentes en el relleno sanitario de forma simultánea. Debe estudiarse en un análisis pormenorizado las características del lixiviado, y a partir de estas, determinar si dicho líquido requiere algún tipo de pretratamiento para ser evaporado y evaluar la factibilidad técnico-económica y ambiental de implementar una alternativa de eliminación de metano-evaporación de lixiviados, o si bien ajustar el proceso de recirculación del



lixiviado y establecer un sistema eficiente de eliminación de metano, es suficiente para el caso del relleno sanitario de “La Paragüita”.

En la tabla 5.2, se tiene una primera referencia de los requerimientos energéticos para la evaporación al vacío del lixiviado, siendo estos de 12 kWh/m^3 . De la simulación con MODUELO 2.0, se sabe que anualmente se generan $2.411,45 \text{ m}^3$ de lixiviados, los cuales requerirán $28.937,39 \text{ kWh}$ para su evaporación al vacío. Si se utiliza una microturbina de 30 kW , con un 90% de eficiencia en cuanto al tiempo de uso, la misma generaría en un año 236.520 kWh aproximadamente, lo cual demuestra que el biogás generado en “La Paragüita”, sería suficiente para evaporar el lixiviado y además cubrir los requerimientos energéticos del propio relleno.

Con los resultados obtenidos se puede decir, que utilizando una microturbina de 30 kW se pudiera obtener la energía necesaria para evaporar el lixiviado generado en “La Paragüita”, y de esta forma contribuir con la disminución del impacto ambiental generado de forma significativa, al reducir las emisiones de metano. En la figura 5.1 se presenta un esquema de recuperación de gas en un relleno sanitario. Se espera, que en los años venideros, el porcentaje de metano generado en “La Paragüita”, será mayor, al igual que su volumen, dado que al incrementarse la cantidad de desechos depositados en dicho relleno, y al encontrarse estos más estabilizados, la tendencia es de mayor generación de metano hasta alcanzar un 50% en la composición del biogás aproximadamente, lo que sugiere que debe profundizarse en un estudio que permita medir el impacto ambiental que los gases producidos en el relleno sanitario están causando en las zonas adyacentes al mismo.



CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones generadas en el desarrollo del trabajo:

- ✚ En el relleno sanitario de “La Paragüita” se vertieron durante el período enero de 1993 a enero de 2007, la cantidad de 791.264,84 toneladas de desechos, de las cuales 661.497,40 toneladas (83,6%), son orgánicos, según la clasificación MODUELO 2.0.
- ✚ Los resultados de la simulación en cuanto al tiempo de colocación de las celdas, volumen y toneladas de los desechos, coinciden con los esperados.
- ✚ El volumen total de lixiviados para el intervalo de simulación es de 33.971,7 m³.
- ✚ El volumen de lixiviados es sensible a los cambios de clima utilizados en la simulación.
- ✚ Los mayores valores encontrados en el intervalo de simulación para los parámetros del lixiviado son de 14.364,39 mg/l para la DBO y 18.559,48 mg/l para la DQO.
- ✚ La relación DBO/DQO del lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, se mantiene durante todo el intervalo de simulación en 0,77 como media, lo cual indica una alta biodegradabilidad del mismo, y sugiere un tipo de tratamiento biológico.
- ✚ El volumen de biogás (CO₂ y CH₄) generado es de 4.217.364 m³, de los cuales 3.219.050 m³ son CO₂ y 998.314 m³ de CH₄.
- ✚ La composición del biogás total generado es 76,33 % CO₂ y 23,67% CH₄.
- ✚ La recirculación es el proceso de tratamiento más apropiado a aplicar en “La Paragüita” para manejar los lixiviados.



CONCLUSIONES



- ✚ El biogás generado en “La Paragüita” puede convertirse en energía, utilizando una microturbina de 30 kW.
- ✚ La energía generada a partir del biogás es suficiente evaporar el lixiviado así como para abastecer operaciones del propio relleno de “La Paragüita”.
- ✚ La evaporación de lixiviados debe evaluarse como alternativa para eliminación de este líquido, utilizando además el biogás como energía, lo cual eliminaría los dos problemas más importantes a tratar en el relleno sanitario de “La Paragüita”.



RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda realizar la simulación con MODUELO 2.0 con datos climáticos más completos y en rellenos sanitarios donde exista en las cercanías estación meteorológica, o en el propio relleno se realice un registro de datos climatológicos.
- ✚ Realizar caracterizaciones del lixiviado generado en el relleno sanitario de “La Paragüita” a nivel de laboratorio con el fin de proponer el diseño de sistema de tratamiento de lixiviados.
- ✚ Caracterizar el residuo vertido en el relleno sanitario permitirá suministrar valores más exactos al programa y en consecuencia obtener mejores resultados de la simulación.
- ✚ Profundizar en el acuerdo de colaboración con la Universidad de Cantabria, a fin de poder trabajar con MODUELO 3, considerando el lixiviado recirculado, que es el caso del relleno sanitario de “La Paragüita” y de la mayoría de los existentes en Venezuela.
- ✚ Cuantificar de forma experimental el biogás generado y su composición, a fin de poder contrastar los resultados obtenidos a través de la simulación, y poder evaluar las condiciones del gas para su uso como energía alternativa.
- ✚ Se recomienda realizar un levantamiento topográfico actual del relleno, así como disponer de uno inicial en forma digitalizada, para poder suministrar de forma más certera los datos morfológicos.
- ✚ Se recomienda simular diferentes escenarios en cuanto a la producción, por ejemplo incrementar el reciclaje y disminuir la producción de residuos, y evaluar



como influirían estas condiciones la producción de gases y contaminación de lixiviados.

- ✚ Determinar en forma experimental el caudal de lixiviados generado en el relleno sanitario de “La Paragüita”, con el fin de compararlo con el simulado, y poder conocer si existe infiltración hacia el suelo.
- ✚ Caracterizar el agua de la laguna que se encuentra a la entrada del relleno sanitario de “La Paragüita”, con el fin de determinar posible contaminación por infiltración de lixiviados hacia el subsuelo.
- ✚ Evaluar la alternativa de evaporación de lixiviados con utilización del metano como energía.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara Ocegueda, Claudia; Vera Coronado, Ramón; Vaca Mier Mabel y Monroy Mendieta, Magdalena. (2004). Caracterización y tratamiento de lixiviados provenientes de un tiradero, por medio de digestión anaerobia y evaluación del impacto generado. Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco, México.
- Álvarez Contreras, Alexander y Suárez Gálvez, John Hermógenes. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario “El Guayabal” de la ciudad San José de Cúcuta. Universidad del Norte. Ingeniería & Desarrollo. Barranquilla, Colombia.
- Análisis Sectorial de Residuos Sólidos de Venezuela. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS). División de Salud y Ambiente. Junio 2000.
- Balestrini, M. (2001). “Como se Elabora el Proyecto de Investigación”. BL consultores asociados. Servicio editorial. Venezuela.
- Borzacconi , Liliana; López, Iván; Arcia , Esteban; Cardelino, Luis, Castagna; Alvaro, Viñas María(2005). Comparación de tratamientos aerobios y anaerobios aplicados a lixiviado de relleno sanitario. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay
- Briceño, Vanesa. (2006). Propuestas para la adecuación de vertidos líquidos generados por la empresa INDUCEM, C.A. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.



- Canino Rolón, Godofredo y Harris, Jeffrey (2004). Simulación de la generación de lixiviados en un relleno sanitario propuesto utilizando el modelo de computadoras HELP. Puerto Rico.
- Chassaigne, Gerdi. (2003). Determinación de las fuentes y grado de contaminación de los muelles del Instituto de Puerto Autónomo de Puerto Cabello. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.
- Correia de Soto, Angelina y Martín de Armando, María Luisa (2004). Potencial impacto ambiental de la disposición final de baterías usadas de teléfonos celulares en vertederos municipales. Universidad de Carabobo Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, FACYT, Valencia, Venezuela.
- Eastern Research Group, Inc. y Carbon Trade, Ltd (2007). Estudio de Prefactibilidad del Potencial del Biogás. Relleno Pichacay. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). Programa de Acercamiento de Metano de Rellenos. Cuenca, Ecuador.
- Escandela, Eumerit y Zabala, Alicia (2007). Diseño de un plan de manejo de los desechos sólidos no peligrosos para mitigar el impacto ambiental en el relleno sanitario “La Paragüita” (Municipio Juan José Mora. Estado Carabobo). Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo, Valencia.
- Espinosa Silva, Augusto y González García, Alvaro (2005). La acumulación de basuras como Material geotécnico: comportamiento de las basuras. . Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- Espinoza Paz, Tony M (2006). Propuesta para la disposición final de los desechos sólidos producidos en los municipios Silva, Monseñor Iturriza, Cacique Manaure y Acosta del estado Falcón. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Valencia, Venezuela.



- INGEROCA (Ingeniería geotécnica, inspección y control de calidad de obras civiles). Informe Geotécnico. Gobernación del Estado Carabobo. Relleno Sanitario Puerto Cabello-Morón. Estado Carabobo. Referencia 100591. Febrero de 1992.
- Instructivo para la presentación de proyectos y trabajos de grado (2004). Universidad de Oriente. Núcleo de Sucre. Escuela de Ciencias. Comisión de Trabajos de Grado.
- Giraldo, Eugenio (2005). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Colombia.
- Herrero y Montero (1999). Manual de usuario MODUELO. Universidad de Cantabria. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Santander. España.
- Jaramillo, Jorge (2002). Guía para el diseño construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Universidad de Antioquia, Colombia. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud
- Lobo García, Amaya. (2003). Desarrollo de MODUELO 2: Herramienta para la evaluación de la contaminación producida en vertederos de residuos sólidos urbanos. Universidad de Cantabria. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos. Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Santander. España.
- Lobo García, Amaya (2002). Descripción de los modelos empleados en MODUELO. Universidad de Cantabria. Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Santander. España.



Manual para la elaboración y presentación del trabajo especial de grado (2005). Instituto Universitario de Tecnología “Antonio José de Sucre”. Extensión Mérida. Departamento de Investigación y Extensión.

SINGECOM C.A. (Servicios de Ingeniería Computarizados). Relleno Sanitario de “La Paragüita”. Proyecto de Planificación y Diseño Mancomunado Para los Distritos de “Juan José Mora” y Puerto Cabello. Gobernación del Estado Carabobo. Secretaría de obras públicas. Dirección de estudios y proyectos. Septiembre de 1992.

Tchobanoglous, George; Theisen, Hillary; Vigil, Samuel (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen I. Mc. Graw Hill.

Vallejo Patiño, Wilfrido. (2008). Estudio de viabilidad para el aprovechamiento del biogás producido en el sitio de disposición final de Navarro, bajo los mecanismos establecidos en el protocolo de Kioto 2008. Universidad Santiago de Cali. Colombia.

Velasco, Juan A.; Rosas, Anabell; de la Rosa, Alejandro; Volke, Tania y Solórzano, Gustavo. (2005). Caracterización de peligrosidad en lixiviados y biogás generados en un relleno sanitario de residuos sólidos municipales. Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), Instituto Nacional de Ecología (INE). Iztapalapa, México.

Páginas web consultadas:

- www.ingenieriaquimica.org/usuario/wagner
- www.cepis.ops-oms.org
- <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/estudio-viabilidad-biogas/estudio-viabilidad-biogas.pdf>
- <http://www.ingenieria.uady.mx/revista/volumen6/tratamiento.pdf>



BIBLIOGRAFÍA



- <http://www.iie.org.mx/boletin042003/apli.pdf>
- <http://www.cotecnica.com/empresa.html>
- revistaing.uniandes.edu.co



APÉNDICE A

DATOS DE PRODUCCIÓN DE DESECHOS

En esta sección se muestran los datos utilizados en la estimación de la cantidad de material orgánico vertido en el relleno sanitario de “La Paragüita”, los registros estadísticos de otros autores y su uso para establecer la caracterización requerida por el programa MODUELO 2.0, además se presenta la producción de desperdicios que han sido vertidos mensual y anualmente desde 1993 hasta 2007, el crecimiento poblacional de la zona en estudio de acuerdo a los últimos cuatro censos realizados en el país y su relación con la producción de residuos en el período en estudio.

TABLA A.1.
CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO EN LOS MUNICIPIOS SILVA, MONSEÑOR ITURRIZA, CACIQUE MANAURE Y ACOSTA, DEL ESTADO FALCÓN SEGÚN EL ESTUDIO REALIZADO POR ESPINOZA (2003)

TIPO DE DESPERDICIO	%
DESECHOS DE COMIDA	38,5
DESECHO DE JARDÍN	8,1
PAPELES	11,30
CARTÓN	2,4
CARTÓN Y OTRO MATERIAL	0,1
TEXTILES	0,5
TEXTILES PARA CUIDADO DE LA SALUD	0,3
PLÁSTICOS	13,1
VIDRIO	10,9
METALES	4,4
DESECHOS MUNICIPALES ESPECIALES	5
COMBUSTIBLES NO CLASIFICADOS(MADERA)	1,2
INCOMBUSTIBLES NO CLASIFICADOS	2
COMPONENTES MENORES QUE 20mm	2,1
TOTAL	99,9

FUENTE: ESPINOZA (2003)



TABLA A.2.
CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO PARA LOS MUNICIPIOS PUERTO CABELLO Y JUAN JOSÉ MORA DEL ESTADO CARABOBO SEGÚN EL ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS OPS (1999)

TIPO DE DESPERDICIO	%
PAPEL Y CARTÓN	21,5
PLÁSTICO	9,3
VIDRIO	8,9
METALES FERROSOS	4
METALES NO FERROSOS	0,5
TEXTIL	4,5
CAUCHOS Y CUEROS	2,1
RESTOS DE ALIMENTOS	21,6
RESTOS DE JARDÍN	11,6
OTROS	16
TOTAL	100

FUENTE: Análisis sectorial de residuos sólidos en Venezuela, OPS (1999).

TABLA A.3.
CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN EL ESTADO GUÁRICO SEGÚN ESTUDIO MARN (2006).

TIPO DE DESPERDICIO	%
METALES FERROSOS	2,70
ALUMINIO	0,00
VIDRIO	9,70
PLÁSTICO	15
PAPEL Y CARTÓN	15,7
DESECHOS VEGETALES	12,7
DESECHOS DE ALIMENTOS	16,7
PAÑALES DESECHABLES	6
OTROS	21,5
TOTAL	100

FUENTE: Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2006).



TABLA A.4.
CARACTERIZACIÓN ADOPTADA EN MODUELO 2.0 PARA EL RESIDUO VERTIDO EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

ORGÁNICOS	%
PAPEL	11,30
CARTÓN	2,5
RESIDUOS DE COMIDA	38,5
PODA Y SIEGA	8,1
MADERA	1,2
CELULOSA	6
TEXTIL	0,8
GOMA Y CUERO	2,1
PLÁSTICOS	13,1
TOTAL ORGÁNICOS	83,60
INORGÁNICOS	%
VIDRIO	10,9
METAL	4,4
TETRABRIK	1,01
INERTES	0,09
OTROS	0
TOTAL INORGÁNICOS	16,4
TOTAL GENERAL	100



TABLA A.5.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1993.

MES	TON/MES
ENERO	2846,81
FEBRERO	2375,57
MARZO	2314,27
ABRIL	2741,98
MAYO	2899,25
JUNIO	2982,62
JULIO	2466,76
AGOSTO	3038,05
SEPTIEMBRE	2785,17
OCTUBRE	2712,60
NOVIEMBRE	2852,35
DICIEMBRE	2947,28
TOTAL ANUAL	32962,73

TABLA A.6.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1994.

MES	TON/MES
ENERO	3049,61
FEBRERO	2544,80
MARZO	2479,13
ABRIL	2937,32
MAYO	3105,78
JUNIO	3195,10
JULIO	2642,49
AGOSTO	3254,47
SEPTIEMBRE	2983,58
OCTUBRE	2905,84
NOVIEMBRE	3055,55
DICIEMBRE	3157,24
TOTAL ANUAL	35310,91



TABLA A.7.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1995.**

MES	TON/MES
ENERO	3266,85
FEBRERO	2726,08
MARZO	2655,74
ABRIL	3146,56
MAYO	3327,03
JUNIO	3422,71
JULIO	2830,73
AGOSTO	3486,31
SEPTIEMBRE	3196,13
OCTUBRE	3112,85
NOVIEMBRE	3273,21
DICIEMBRE	3382,15
TOTAL ANUAL	37826,36

TABLA A.8.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1996.**

MES	TON/MES
ENERO	3499,57
FEBRERO	2920,28
MARZO	2844,93
ABRIL	3370,72
MAYO	3564,04
JUNIO	3666,53
JULIO	3032,39
AGOSTO	3734,67
SEPTIEMBRE	3423,81
OCTUBRE	3334,60
NOVIEMBRE	3506,39
DICIEMBRE	3623,09
TOTAL ANUAL	40521,01



TABLA A.9.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1997.**

MES	TON/MES
ENERO	3748,87
FEBRERO	3128,31
MARZO	3047,59
ABRIL	3610,84
MAYO	3817,93
JUNIO	3927,73
JULIO	3248,41
AGOSTO	4000,71
SEPTIEMBRE	3667,71
OCTUBRE	3572,15
NOVIEMBRE	3756,18
DICIEMBRE	3881,19
TOTAL ANUAL	43407,61

TABLA A.10.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1998.**

MES	TON/MES
ENERO	4016,00
FEBRERO	3351,22
MARZO	3264,75
ABRIL	3868,13
MAYO	4089,98
JUNIO	4207,60
JULIO	3479,87
AGOSTO	4285,79
SEPTIEMBRE	3929,05
OCTUBRE	3826,68
NOVIEMBRE	4023,82
DICIEMBRE	4157,74
TOTAL ANUAL	46500,62



TABLA A.11.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 1999.**

MES	TON/MES
ENERO	4302,16
FEBRERO	3590,01
MARZO	3497,38
ABRIL	4143,75
MAYO	4381,41
JUNIO	4507,41
JULIO	3727,83
AGOSTO	4591,17
SEPTIEMBRE	4209,02
OCTUBRE	4099,35
NOVIEMBRE	4310,54
DICIEMBRE	4454,00
TOTAL ANUAL	49814,03

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.

TABLA A.12.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2000.**

MES	TON/MES
ENERO	1397,96
FEBRERO	4650,23
MARZO	4452,55
ABRIL	4328,16
MAYO	3867,48
JUNIO	4546,81
JULIO	4239,39
AGOSTO	4595,31
SEPTIEMBRE	4388,19
OCTUBRE	3811,21
NOVIEMBRE	4524,73
DICIEMBRE	9591,16
TOTAL ANUAL	54393,18

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.



TABLA A.13.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2001.

MES	TON/MES
ENERO	5903,50
FEBRERO	3688,52
MARZO	983,87
ABRIL	2566,95
MAYO	3447,57
JUNIO	5181,11
JULIO	4303,76
AGOSTO	4595,31
SEPTIEMBRE	4388,19
OCTUBRE	3811,21
NOVIEMBRE	4524,73
DICIEMBRE	9591,16
TOTAL ANUAL	52985,88

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.

TABLA A.14.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2002.

MES	TON/MES
ENERO	3856,05
FEBRERO	3829,74
MARZO	3107,82
ABRIL	3576,28
MAYO	4119,33
JUNIO	4719,70
JULIO	4467,37
AGOSTO	4426,84
SEPTIEMBRE	4387,38
OCTUBRE	3876,38
NOVIEMBRE	4441,80
DICIEMBRE	7263,23
TOTAL ANUAL	52071,91

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.



TABLA A.15.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2003.

MES	TON/MES
ENERO	3820,59
FEBRERO	3390,18
MARZO	3497,46
ABRIL	3266,21
MAYO	4780,87
JUNIO	4643,47
JULIO	5598,50
AGOSTO	3925,58
SEPTIEMBRE	4564,12
OCTUBRE	3783,76
NOVIEMBRE	4407,21
DICIEMBRE	5416,60
TOTAL ANUAL	51094,55

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.

TABLA A.16.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2004.

MES	TON/MES
ENERO	4601,01
FEBRERO	3571,36
MARZO	4341,82
ABRIL	4749,11
MAYO	5161,88
JUNIO	4430,73
JULIO	5165,91
AGOSTO	5256,64
SEPTIEMBRE	4848,38
OCTUBRE	4760,33
NOVIEMBRE	5822,90
DICIEMBRE	9126,75
TOTAL ANUAL	61836,82

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.



TABLA A.17.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2005.

MES	TON/MES
ENERO	5300,55
FEBRERO	6972,08
MARZO	5375,25
ABRIL	4612,46
MAYO	6921,25
JUNIO	6132,75
JULIO	5089,66
AGOSTO	5338,37
SEPTIEMBRE	4771,38
OCTUBRE	5356,66
NOVIEMBRE	6428,87
DICIEMBRE	6970,55
TOTAL ANUAL	69269,84

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.

TABLA A.18.
RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2006.

MES	TON/MES
ENERO	5206,47
FEBRERO	4506,17
MARZO	5415,79
ABRIL	5160,42
MAYO	6101,76
JUNIO	6201,02
JULIO	7768,75
AGOSTO	7465,83
SEPTIEMBRE	6078,93
OCTUBRE	5957,34
NOVIEMBRE	6076,30
DICIEMBRE	8657,48
TOTAL ANUAL	74596,25

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.



TABLA A.19.
**RESIDUOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL AÑO 2007.**

MES	TON/MES
ENERO	7224,278
FEBRERO	5609,436
MARZO	8308,01
ABRIL	5875,105
MAYO	6882,198
JUNIO	8903,11
JULIO	7365,55
AGOSTO	8340,16
SEPTIEMBRE	8180,44
OCTUBRE	7442,484
NOVIEMBRE	5854,50
DICIEMBRE	8687,87
TOTAL ANUAL	88673,141

FUENTE: Estadísticas MANCOSTA.

TABLA A.20.
**POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS PUERTO CABELLO Y “JUAN JOSÉ MORA”
SEGÚN LOS CENSOS 1971, 1981,1990 Y 2001.**

MUNICIPIOS	AÑO 1971	AÑO 1981	AÑO 1990	AÑO 2001
PUERTO CABELLO	74.726	114.021	145.759	173.034
JUAN JOSÉ MORA	34.394	41.060	47.097	56.458
TOTAL LOS 2 MUNICIPIOS	109.120	155.081	192.856	229.492

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística (INE).



TABLA A.21.
CRECIMIENTO INTERANUAL DE LA POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS PUERTO CABELLO Y “JUAN JOSÉ MORA”.

PERÍODO	% CRECIMIENTO 10 AÑOS	%ANUAL
1971-1981	29,63677046	2,963677046
1981-1990	19,58715311	2,176350345
1990-2001	15,96395517	1,596395517
% PROMEDIO		2,245474303

TABLA A.22.
POBLACIÓN PROMEDIO TOTAL PARA LOS AÑOS 1993 A 2007, EN LOS MUNICIPIOS PUERTO CABELLO Y “JUAN JOSÉ MORA”.

AÑO	POBLACIÓN
1993	202.238
1994	205.466
1995	208.745
1996	212.077
1997	215.461
1998	218.900
1999	222.394
2000	225.943
2001	229.549
2002	234.703
2003	239.972
2004	245.359
2005	250.867
2006	256.499
2007	262.258
POBLACIÓN PROMEDIO	228.695



TABLA A.23.
**PRODUCCIÓN TOTAL DE DESPERDICIOS VERTIDOS EN EL RELLENO
SANITARIO DE “LA PARAGÜITA” CONSIDERANDO EL CRECIMIENTO
INTERANUAL DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS (6,65%).**

AÑO	TOTAL ANUAL DE DESECHOS (TON)
1993	32.962,73
1994	35.310,91
1995	37.826,36
1996	40.521,01
1997	43.407,61
1998	46.500,62
1999	49.814,03
2000	54.393,18
2001	52.985,88
2002	52.071,91
2003	51.094,55
2004	61.836,82
2005	69.269,84
2006	74.596,25
2007	88.673,14
TOTAL	791.264,84



TABLA A.24.
PRODUCCIÓN TOTAL DE DESPERDICIOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA” CONSIDERANDO EL CRECIMIENTO POBLACIONAL PROMEDIO (2,25%) Y LA PRODUCCIÓN DE 0,664 Kg/hab/día.

AÑO	TOTAL ANUAL DE DESECHOS (TON)
1993	49014,42666
1994	49796,69691
1995	50591,45219
1996	51398,89177
1997	52219,21808
1998	53052,6368
1999	53899,35689
2000	54759,59062
2001	55633,55369
2002	56882,52697
2003	58159,5397
2004	59465,22137
2005	60800,21559
2006	62165,18043
2007	63560,78873
POBLACIÓN PROMEDIO	831399,2964



TABLA A.25.
CRECIMIENTO INTERANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE DESECHOS VERTIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”

AÑOS	CRECIMIENTO INTERANUAL%
99-00	8,42
00-01	-2,66
01-02	-1,76
02-03	-1,91
03-04	17,37
04-05	10,73
05-06	7,14
06-07	15,88
PROMEDIO	6,65



APÉNDICE B. DATOS CLIMÁTICOS

En esta sección se presentan a los datos climáticos correspondientes al año 2003, como ejemplo de los datos que fueron suministrados por el Servicio de Meteorología de la Aviación Militar Nacional Bolivariana, y que fueron utilizados para la simulación con MODUELO 2.0 en este trabajo, los mismos abarcan desde el 01 de enero de 1993 hasta el 31 de enero de 2007, y corresponden a los valores de humedad relativa diaria, temperatura media diaria, velocidad del viento diaria e insolación diaria, así mismo se presentan los valores de precipitación horaria, finalmente se muestra una tabla con la precipitación anual desde 1993 hasta 2006.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA DEFENSA
AVIACION MILITAR NACIONAL BOLIVARIANA
SERVICIO DE METEOROLOGIA

Estación: VALENCIA Indicativo Int. 80472 Serial Nac. 6361

Latitud: 10°10' N Longitud: 67°56' W Elevación 430 msNM.

ht=1.65 m h pluv.=1.4 m h Anemómetro=12 m.

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030101	65,000	27,100	9,720	9,400
20030102	63,000	26,500	10,080	10,000
20030103	60,000	27,000	8,280	10,300
20030104	64,000	26,200	5,760	10,700
20030105	63,000	27,900	7,560	10,000
20030106	64,000	26,800	7,200	8,800
20030107	63,000	25,600	5,400	9,400
20030108	65,000	26,600	5,040	9,400



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030109	61,000	29,000	8,280	9,400
20030110	59,000	27,000	8,640	10,100
20030111	65,000	27,100	10,440	9,900
20030112	68,000	27,000	10,080	9,000
20030113	68,000	26,600	10,800	10,200
20030114	67,000	25,800	9,360	10,600
20030115	66,000	25,400	10,080	10,500
20030116	68,000	25,200	9,360	10,200
20030117	67,000	26,200	8,640	10,300
20030118	68,000	26,700	8,280	10,100
20030119	69,000	25,800	8,640	9,000
20030120	66,000	25,600	10,080	7,600
20030121	64,000	25,800	9,360	10,300
20030122	66,000	26,200	9,720	10,200
20030123	64,000	26,800	8,640	7,300
20030124	66,000	25,400	6,840	10,400
20030125	63,000	26,900	10,080	10,100
20030126	70,000	26,300	9,720	9,900
20030127	65,000	26,500	5,040	10,700
20030128	64,000	26,600	10,080	10,700
20030129	66,000	26,500	8,640	10,500
20030130	66,000	26,100	8,280	10,900
20030131	65,000	26,000	9,720	11,000
20030201	65,000	25,300	7,200	10,500
20030202	63,000	25,800	6,840	10,300
20030203	64,000	26,500	8,640	10,400
20030204	70,000	26,400	9,360	8,200
20030205	63,000	27,200	12,960	10,600
20030206	65,000	26,700	9,720	10,500
20030207	66,000	27,300	8,280	10,100
20030208	71,000	27,000	9,720	9,300
20030209	66,000	27,400	10,440	10,100
20030210	67,000	26,700	11,160	6,700



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)
TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030211	64,000	27,300	9,000	10,500
20030212	62,000	26,200	13,680	10,900
20030213	67,000	26,700	8,640	10,700
20030214	65,000	25,900	10,080	10,400
20030215	68,000	25,400	9,360	11,200
20030216	63,000	25,400	13,320	10,700
20030217	70,000	26,200	9,000	10,100
20030218	69,000	26,400	10,800	11,100
20030219	68,000	25,600	9,360	9,000
20030220	67,000	25,600	10,440	10,500
20030221	69,000	25,800	10,080	10,700
20030222	65,000	27,800	8,640	8,700
20030223	64,000	28,600	10,440	7,800
20030224	65,000	27,900	9,720	10,500
20030225	63,000	27,100	11,880	10,400
20030226	66,000	26,800	9,000	9,900
20030227	64,000	27,300	11,520	10,100
20030228	65,000	26,900	8,640	10,000
20030301	66,000	26,800	10,440	10,200
20030302	68,000	26,900	10,800	10,000
20030303	64,000	27,700	10,440	9,400
20030304	63,000	27,900	11,160	10,100
20030305	62,000	27,900	12,240	10,400
20030306	64,000	27,000	12,960	10,200
20030307	62,000	26,800	12,240	10,200
20030308	62,000	26,400	11,880	10,500
20030309	65,000	26,400	10,080	9,900
20030310	60,000	26,800	8,640	9,700
20030311	60,000	26,800	12,240	9,700
20030312	69,000	26,600	13,320	9,400
20030313	66,000	26,200	10,800	8,700
20030314	57,000	27,100	10,080	6,300
20030315	62,000	27,200	10,440	9,100



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030316	63,000	27,500	9,000	6,700
20030317	63,000	27,400	7,560	6,000
20030318	58,000	28,300	8,280	8,300
20030319	56,000	26,600	7,560	10,200
20030320	53,000	26,700	10,440	11,100
20030321	55,000	25,700	13,320	9,900
20030322	51,000	26,000	10,800	10,500
20030323	51,000	25,300	11,520	8,600
20030324	54,000	26,600	10,080	8,500
20030325	52,000	27,200	9,000	5,000
20030326	56,000	26,900	10,080	8,300
20030327	58,000	26,500	8,280	6,700
20030328	57,000	26,900	9,360	7,100
20030329	56,000	27,100	10,080	0,200
20030330	62,000	26,800	11,160	9,600
20030331	62,000	26,100	12,600	8,100
20030401	58,000	25,700	11,160	9,900
20030402	58,000	26,300	11,880	8,100
20030403	60,000	26,600	9,720	8,200
20030404	59,000	27,400	8,640	9,300
20030405	49,000	29,000	9,720	10,000
20030406	52,000	28,900	12,600	9,200
20030407	54,000	28,100	10,080	8,600
20030408	57,000	27,900	11,880	9,000
20030409	57,000	27,300	10,800	5,700
20030410	58,000	27,300	9,360	7,400
20030411	56,000	28,600	9,720	6,200
20030412	58,000	27,800	8,280	3,700
20030413	72,000	22,200	5,760	6,500
20030414	77,000	22,600	4,320	1,800
20030415	82,000	22,600	3,240	0,400
20030416	83,000	23,900	3,240	2,200
20030417	85,000	24,200	4,320	3,400



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030418	88,000	23,300	4,320	6,500
20030419	79,000	26,200	7,560	7,100
20030420	72,000	27,400	7,560	5,800
20030421	71,000	27,100	9,360	7,900
20030422	74,000	26,400	7,560	8,300
20030423	76,000	26,500	7,920	5,700
20030424	87,000	23,700	5,760	3,400
20030425	89,000	23,500	4,680	1,900
20030426	82,000	25,200	6,480	1,500
20030427	74,000	25,700	7,200	8,900
20030428	72,000	26,500	6,480	9,200
20030429	69,000	27,200	9,360	11,000
20030430	72,000	26,700	7,200	9,500
20030501	68,000	27,600	10,440	10,900
20030502	70,000	27,400	9,720	11,000
20030503	71,000	27,200	10,440	10,000
20030504	68,000	27,100	8,280	10,600
20030505	70,000	26,200	13,320	8,500
20030506	71,000	26,600	11,520	10,000
20030507	72,000	26,000	11,160	5,500
20030508	76,000	26,000	10,440	5,900
20030509	75,000	26,200	6,840	5,700
20030510	75,000	25,500	7,920	7,000
20030511	72,000	26,800	7,200	4,200
20030512	74,000	26,200	8,280	4,000
20030513	78,000	26,000	9,360	5,300
20030514	79,000	26,300	6,120	4,600
20030515	75,000	26,900	6,480	7,800
20030516	75,000	26,600	9,360	6,300
20030517	74,000	27,300	9,360	11,100
20030518	76,000	27,300	7,200	6,100
20030519	92,000	23,600	6,840	7,300
20030520	85,000	24,800	6,840	6,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030521	82,000	26,100	8,640	7,000
20030522	78,000	27,100	7,560	8,100
20030523	83,000	25,500	5,400	7,800
20030524	78,000	25,900	7,200	7,300
20030525	72,000	26,400	9,000	7,200
20030526	71,000	27,400	10,080	10,000
20030527	74,000	26,700	9,360	10,400
20030528	84,000	25,500	6,840	4,900
20030529	83,000	25,600	7,920	2,500
20030530	82,000	26,100	5,400	7,100
20030531	85,000	25,500	7,200	7,100
20030601	86,000	25,300	5,760	6,700
20030602	83,000	25,200	3,960	2,200
20030603	83,000	25,800	6,120	3,000
20030604	74,000	26,600	6,120	8,700
20030605	76,000	26,100	6,480	5,800
20030606	75,000	27,300	6,120	4,800
20030607	82,000	25,800	6,480	3,800
20030608	77,000	25,700	5,760	4,900
20030609	83,000	25,000	7,200	4,300
20030610	81,000	25,600	6,480	3,200
20030611	73,000	27,300	9,360	10,100
20030612	83,000	25,400	6,840	6,800
20030613	87,000	25,100	5,760	4,600
20030614	84,000	25,200	7,560	5,500
20030615	92,000	24,300	7,920	3,200
20030616	91,000	24,700	5,400	1,900
20030617	87,000	24,800	5,760	2,100
20030618	86,000	24,800	5,040	3,100
20030619	89,000	23,600	7,200	4,500
20030620	89,000	24,200	4,680	4,300
20030621	80,000	26,000	6,480	8,600



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030622	85,000	24,500	7,200	0,900
20030623	89,000	22,800	4,320	4,300
20030624	84,000	24,300	5,760	7,400
20030625	79,000	26,100	7,200	9,500
20030626	80,000	25,900	7,560	9,900
20030627	77,000	25,900	5,400	9,500
20030628	75,000	26,400	6,840	10,200
20030629	80,000	25,600	6,840	8,600
20030630	81,000	25,200	6,480	7,200
20030701	77,000	25,300	6,840	5,200
20030702	82,000	23,900	7,920	5,400
20030703	79,000	25,600	7,200	9,100
20030704	84,000	24,600	5,760	6,600
20030705	81,000	25,100	5,760	8,400
20030706	72,000	26,000	7,200	11,400
20030707	83,000	25,100	5,760	5,200
20030708	83,000	24,300	5,040	3,000
20030709	84,000	24,700	5,760	9,000
20030710	82,000	25,800	6,120	7,000
20030711	86,000	24,600	3,240	0,300
20030712	89,000	23,500	3,600	1,900
20030713	85,000	23,900	8,280	7,600
20030714	82,000	24,200	6,120	8,200
20030715	84,000	24,600	6,120	6,500
20030716	85,000	23,900	6,480	3,600
20030717	88,000	23,600	5,040	5,900
20030718	84,000	24,700	7,920	7,600
20030719	89,000	24,200	5,040	7,500
20030720	85,000	25,300	4,320	6,900
20030721	86,000	25,000	4,680	1,900
20030722	83,000	25,100	5,400	6,700
20030723	79,000	26,400	4,680	10,500



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030724	82,000	25,200	6,840	7,100
20030725	86,000	24,200	5,040	2,100
20030726	88,000	24,400	6,480	7,100
20030727	89,000	24,000	6,840	3,100
20030728	83,000	25,200	5,040	7,100
20030729	80,000	26,100	4,680	8,000
20030730	80,000	25,600	7,560	8,600
20030731	81,000	25,300	6,120	6,600
20030801	85,000	25,100	6,840	6,300
20030802	85,000	24,600	5,760	6,300
20030803	84,000	24,700	5,760	4,300
20030804	86,000	23,600	4,320	3,100
20030805	83,000	25,000	5,040	9,500
20030806	78,000	26,900	5,040	10,200
20030807	75,000	27,400	6,480	9,100
20030808	75,000	26,600	7,560	8,300
20030809	81,000	25,200	6,120	5,300
20030810	82,000	24,900	6,120	8,100
20030811	82,000	25,400	6,120	6,200
20030812	89,000	23,700	6,120	2,600
20030813	85,000	24,400	5,040	4,800
20030814	86,000	23,700	5,400	7,600
20030815	83,000	25,700	5,760	6,700
20030816	86,000	23,800	3,600	3,600
20030817	82,000	23,700	4,680	3,100
20030818	83,000	24,100	6,120	3,200
20030819	80,000	25,800	5,400	9,300
20030820	79,000	26,400	6,840	9,300
20030821	81,000	25,000	5,400	4,000
20030822	82,000	24,700	5,760	8,100
20030823	81,000	25,500	5,400	9,100
20030824	78,000	25,500	5,400	7,700
20030825	83,000	24,300	6,480	2,800



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)
TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030826	77,000	24,800	8,280	9,600
20030827	77,000	26,400	6,840	10,400
20030828	88,000	23,200	6,120	4,600
20030829	89,000	22,200	4,320	0,100
20030830	84,000	23,100	4,680	1,500
20030831	81,000	24,300	6,480	7,500
20030901	80,000	24,400	5,760	9,400
20030902	82,000	23,600	6,120	5,900
20030903	81,000	24,400	5,760	8,800
20030904	87,000	23,500	5,040	4,100
20030905	86,000	24,700	3,960	9,500
20030906	77,000	25,500	5,400	9,400
20030907	73,000	26,300	6,840	9,500
20030908	85,000	24,600	3,600	5,500
20030909	88,000	23,800	5,400	5,700
20030910	86,000	24,900	6,120	4,700
20030911	90,000	23,000	5,400	0,300
20030912	85,000	23,900	7,200	9,400
20030913	85,000	24,800	7,920	9,800
20030914	91,000	23,600	8,640	3,300
20030915	85,000	24,500	7,560	10,200
20030916	82,000	24,600	6,840	10,000
20030917	82,000	24,800	5,400	8,100
20030918	85,000	23,900	5,400	6,100
20030919	83,000	23,400	3,960	6,600
20030920	79,000	24,500	4,320	3,600
20030921	81,000	24,400	3,960	1,600
20030922	85,000	24,200	2,880	5,400
20030923	80,000	24,900	4,680	5,900
20030924	82,000	24,400	6,480	7,800
20030925	83,000	24,800	4,320	5,400
20030926	78,000	26,700	6,120	10,600
20030927	76,000	25,600	4,320	5,500



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20030928	75,000	26,000	5,400	8,200
20030929	79,000	24,600	5,040	3,400
20030930	82,000	23,400	4,680	3,600
20031001	96,000	23,000	6,840	3,300
20031002	90,000	24,900	6,840	3,300
20031003	90,000	25,300	3,600	8,300
20031004	88,000	26,200	5,040	6,400
20031005	87,000	25,300	5,040	6,500
20031006	87,000	24,400	3,600	5,400
20031007	87,000	24,900	5,760	6,500
20031008	81,000	25,900	7,200	6,000
20031009	84,000	25,100	5,760	7,300
20031010	88,000	24,500	6,480	6,400
20031011	86,000	25,500	6,120	8,600
20031012	85,000	25,500	4,680	7,000
20031013	93,000	22,200	6,120	0,400
20031014	86,000	23,500	6,120	10,200
20031015	82,000	25,100	5,400	10,300
20031016	85,000	23,700	5,400	6,900
20031017	85,000	24,500	4,680	9,900
20031018	85,000	23,800	3,240	6,800
20031019	84,000	24,800	3,600	6,700
20031020	88,000	24,400	5,040	6,700
20031021	86,000	25,100	5,400	6,000
20031022	88,000	24,700	3,240	4,100
20031023	88,000	24,900	4,320	9,300
20031024	85,000	26,500	4,320	8,300
20031025	83,000	26,300	6,120	7,500
20031026	83,000	26,000	6,120	9,200
20031027	83,000	27,000	5,400	8,900
20031028	89,000	25,200	6,480	4,700
20031029	88,000	25,000	3,960	4,200
20031030	91,000	23,100	5,400	4,800



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20031031	86,000	23,500	3,960	8,600
20031101	87,000	24,500	4,680	5,900
20031102	84,000	26,300	4,680	7,300
20031103	87,000	25,700	5,760	7,200
20031104	89,000	24,600	5,760	2,900
20031105	86,000	25,900	6,840	9,400
20031106	88,000	25,100	4,680	3,700
20031107	86,000	24,400	3,960	3,500
20031108	87,000	25,300	4,680	7,300
20031109	83,000	25,100	3,600	4,300
20031110	86,000	25,100	5,040	5,800
20031111	88,000	25,800	4,320	6,500
20031112	89,000	24,700	6,120	6,100
20031113	92,000	24,400	5,400	3,600
20031114	86,000	25,900	3,960	7,500
20031115	87,000	25,000	4,680	8,700
20031116	84,000	26,100	3,600	9,000
20031117	82,000	27,000	5,040	9,700
20031118	86,000	25,100	5,040	7,000
20031119	83,000	26,000	5,040	9,500
20031120	81,000	27,000	6,480	9,600
20031121	83,000	26,600	4,680	6,800
20031122	86,000	25,500	4,680	1,700
20031123	85,000	25,500	6,120	7,400
20031124	83,000	25,200	4,680	8,000
20031125	78,000	27,500	5,760	9,600
20031126	79,000	27,400	4,320	7,500
20031127	80,000	27,000	6,120	8,200
20031128	82,000	26,300	5,040	2,800
20031129	86,000	25,000	4,320	3,800
20031130	82,000	26,000	6,480	7,600
20031201	84,000	25,500	5,040	7,000
20031202	83,000	26,100	5,040	7,700



(CONTINUACIÓN TABLA B.1)

TABLA B.1. VALORES DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA MEDIA DIARIA, VELOCIDAD DEL VIENTO E INSOLACIÓN DIARIA, UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”.

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MEDIA (°C)	VELOCIDAD DEL VIENTO (KM/H)	INSOLACIÓN DIARIA (H)
20031203	83,000	25,400	4,680	5,200
20031204	83,000	26,400	5,760	7,600
20031205	85,000	25,900	5,040	7,300
20031206	82,000	26,000	6,840	9,000
20031207	84,000	24,900	3,240	5,400
20031208	81,000	26,100	5,760	7,000
20031209	77,000	27,400	5,040	8,500
20031210	76,000	27,100	7,200	8,200
20031211	76,000	26,500	6,840	9,200
20031212	78,000	27,200	7,920	8,200
20031213	77,000	26,700	6,480	8,100
20031214	77,000	25,800	7,920	9,900
20031215	80,000	25,700	7,200	4,600
20031216	78,000	25,300	7,920	8,500
20031217	76,000	25,700	6,840	9,600
20031218	80,000	25,800	6,840	6,300
20031219	77,000	26,400	6,840	8,400
20031220	75,000	24,200	5,400	9,300
20031221	78,000	25,600	6,840	8,700
20031222	76,000	26,500	7,560	9,500
20031223	77,000	26,000	7,200	7,200
20031224	79,000	26,100	5,760	10,300
20031225	75,000	26,500	7,560	7,500
20031226	76,000	26,500	9,000	6,300
20031227	75,000	26,800	9,360	7,700
20031228	75,000	25,400	10,440	8,900
20031229	74,000	24,800	11,880	10,000
20031230	74,000	24,000	11,520	10,900
20031231	71,000	24,800	10,080	7,700



TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030105	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030107	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030112	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030117	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030118	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030119	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030121	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030124	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030105	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030107	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030112	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030117	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030118	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030119	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030121	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030124	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030129	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030201	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030203	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030204	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030205	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030209	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030216	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030217	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030218	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030219	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030221	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030222	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030223	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030129	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030201	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030203	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030204	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030205	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030209	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030216	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030217	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030218	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030219	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030221	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030222	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030223	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030226	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030228	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030301	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030302	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030303	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030304	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030305	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030306	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030307	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030308	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030309	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030311	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030312	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030313	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030314	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030315	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030316	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030317	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030319	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030321	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030322	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030226	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030228	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030301	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030302	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030303	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030304	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030305	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030306	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030307	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030308	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030309	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030311	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030312	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030313	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030314	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030315	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030316	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030317	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030319	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030321	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030322	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030323	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030324	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030325	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030326	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030327	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030328	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030329	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030330	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030331	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030401	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030402	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030403	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030404	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030405	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030406	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030407	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030408	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030410	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030411	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030412	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030413	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030414	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030415	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030416	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030417	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030418	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030323	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030324	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030325	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030326	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030327	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030328	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030329	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030330	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030331	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030401	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030402	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030403	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030404	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030405	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030406	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030407	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030408	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030410	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030411	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030412	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030413	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030414	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030415	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030416	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030417	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030418	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030419	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030420	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030421	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030423	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030424	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030425	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030426	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030427	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030428	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030429	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030430	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030501	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030502	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030503	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030504	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030505	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030506	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030507	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030508	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030509	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030510	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030511	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030512	3,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030513	3,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030514	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030515	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030419	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030420	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030421	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030423	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030424	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030425	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030426	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030427	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030428	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030429	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030430	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030501	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030502	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030503	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030504	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030505	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030506	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030507	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030508	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000
20030509	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030510	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030511	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,800	13,900
20030512	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,000	0,000	1,800	13,900
20030513	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	6,000	0,000	0,000	0,000
20030514	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030515	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030516	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030517	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030518	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	9,000	0,000
20030519	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030520	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030521	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030522	1,100	4,000	3,000	2,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030523	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030524	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030525	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030526	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030527	2,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030528	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030529	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030530	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030531	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030601	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030602	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030603	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030604	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030605	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030606	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030607	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030608	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030609	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030610	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030611	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030516	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030517	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030518	0,000	1,000	0,000	27,000	4,900	4,600	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000
20030519	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030520	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030521	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	2,500
20030522	0,000	0,000	0,000	0,000	4,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030523	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030524	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030525	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030526	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,200
20030527	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030528	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030529	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030530	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,500	18,300	4,000	1,300	2,000	0,000
20030531	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,100	0,000	0,000	0,000
20030601	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030602	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030603	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030604	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030605	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030606	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030607	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030608	0,000	0,000	0,000	0,000	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030609	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030610	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030611	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,000	7,400	5,100	5,000	1,000	2,200



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030612	8,000	8,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030613	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030614	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,000	2,000	0,000	0,000
20030615	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030616	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030617	0,000	0,000	0,000	0,000	13,600	9,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030618	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
20030619	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030620	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030621	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	1,000
20030622	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030623	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030624	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030625	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030626	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030627	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030628	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030629	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030630	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030701	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030702	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030703	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030704	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030705	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030706	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030707	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030708	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030612	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030613	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030614	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
20030615	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,300	1,100	1,700
20030616	0,000	5,000	0,000	4,700	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030617	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030618	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,500	7,000	4,000	1,000	0,000	0,000	0,000
20030619	0,000	0,000	7,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030620	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030621	3,600	9,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030622	0,000	0,000	3,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030623	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030624	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030625	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030626	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,800
20030627	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030628	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030629	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030630	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030701	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
20030702	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030703	0,000	0,000	2,000	5,700	0,000	0,000	8,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030704	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030705	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030706	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030707	0,000	1,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030708	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030709	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030710	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	4,000	5,000	6,000
20030711	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	1,000
20030712	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030713	0,000	0,000	0,000	2,200	3,000	3,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030714	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030715	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030716	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030717	0,000	0,000	8,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030718	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030719	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030720	0,000	0,000	9,000	7,200	3,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	0,000
20030721	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030722	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030723	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030724	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,000
20030725	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030726	7,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030727	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030728	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030729	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030730	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030731	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030801	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030802	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030803	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030804	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030709	0,000	0,000	0,000	3,900	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030710	0,000	2,000	6,000	1,600	23,300	2,000	0,000	0,000	1,400	7,000	18,400	0,000
20030711	0,000	0,000	7,600	3,800	1,900	1,000	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030712	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030713	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030714	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030715	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	6,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030716	3,200	3,200	6,800	16,500	0,000	0,000	0,000	11,200	3,000	0,000	0,000	0,000
20030717	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	1,100	0,000
20030718	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030719	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030720	0,000	0,000	0,000	0,000	7,700	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030721	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030722	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	0,000	3,400	0,000	0,000
20030723	0,000	0,000	0,000	0,000	3,100	0,000	0,000	0,000	1,300	15,600	1,000	0,000
20030724	1,000	0,000	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030725	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030726	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030727	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030728	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030729	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030730	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	8,000	0,000
20030731	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030801	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030802	0,000	0,000	4,000	3,000	3,000	11,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
20030803	4,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030804	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030805	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030806	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030807	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030808	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030809	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030810	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030811	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
20030812	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030813	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030814	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000
20030815	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030816	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030817	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,000	0,000
20030818	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030819	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030820	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030821	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030822	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030823	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030824	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030825	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030826	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030827	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030828	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	9,000	1,000
20030829	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030830	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030831	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030805	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030806	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030807	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030808	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,000	0,000
20030809	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030810	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030811	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030812	0,000	0,000	1,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030813	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030814	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030815	2,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030816	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030817	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030818	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	2,000	0,000	0,000	0,000
20030819	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030820	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030821	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030822	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,000	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000	13,000
20030823	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030824	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030825	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030826	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	10,000	0,000
20030827	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
20030828	2,000	4,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030829	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030830	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030831	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030901	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030902	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030903	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
20030904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030905	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030906	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030907	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030908	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030909	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030910	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030911	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030912	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030913	3,000	9,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000
20030914	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030915	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030916	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030917	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030918	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030920	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030921	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030922	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030923	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030924	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030925	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030926	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030927	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030901	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030902	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030903	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030905	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030906	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
20030907	0,000	0,000	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030908	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030909	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030910	10,000	5,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030911	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030912	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030913	0,000	2,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030914	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030915	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030916	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030917	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030918	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030920	0,000	1,000	0,000	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030921	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030922	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030923	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000
20030924	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030925	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	40,000	0,000	0,000
20030926	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030927	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)
TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20030928	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030929	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031003	0,000	0,000	0,000	9,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031011	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031012	0,000	5,000		67,000	11,000	18,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17,000
20031013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031015		10,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031018	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000
20031020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)
TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20030928	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030929	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20030930	0,000	29,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	2,000	2,000	0,000
20031002	0,000	0,000	89,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,000	3,000	0,000
20031004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	98,000		1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	4,000
20031011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031012	85,000	44,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
20031015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		27,000	0,000	0,000	0,000
20031016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031017	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031018	0,000	0,000	81,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031019	0,000	16,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031021	0,000	22,000		26,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031022	0,000	0,000	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	22,000	0,000	4,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20031026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	9,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031101	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031105	1,800	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031107	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031111	0,000	0,000	2,000	1,900	5,500	2,900	4,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031112	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031117	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031118	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031119	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20031026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031027	2,000	0,000	0,000	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031029	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031031	0,000	0,000	7,800	1,300	1,800	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,400	1,700	0,000	0,000	0,000	0,000
20031103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000
20031104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	5,700	0,000
20031105	0,000	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031107	0,000	0,000	0,000	0,000	2,500	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031112	0,000	2,000	2,600	0,000	2,300	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031114	0,000	0,000	1,800	1,000	0,000	0,000	2,400	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	1,000	0,000	0,000
20031117	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	6,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031118	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031119	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20031121	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031124	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031129	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031201	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031203	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031204	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031205	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031206	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031209	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031216	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031217	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20031121	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031122	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031124	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031128	0,000	0,000	24,700	2,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031129	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,200	1,000	0,000	0,000	0,000
20031201	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031202	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031203	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031204	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031205	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031206	4,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031209	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000	1,000
20031212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031216	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031217	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 1 A 12.

FECHA	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	PH6	PH7	PH8	PH9	PH10	PH11	PH12
20031218	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031219	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031221	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031222	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031223	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031226	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031228	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031229	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031230	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031231	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



(CONTINUACIÓN TABLA B.2)

TABLA B.2. VALORES DE PRECIPITACIÓN HORARIA UTILIZADOS COMO DATOS CLIMÁTICOS EN LA SIMULACIÓN CON MODUELO 2.0, PARA EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”, HORAS 13 A 24.

FECHA	PH13	PH14	PH15	PH16	PH17	PH18	PH19	PH20	PH21	PH22	PH23	PH24
20031218	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031219	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031221	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031222	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031223	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031224	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031225	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031226	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031227	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031228	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031229	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031230	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20031231	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



TABLA B.3.

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL UTILIZADA COMO DATOS CLIMÁTICOS PARA LA SIMULACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN GENERADA EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA” CON MODUELO 2.0

AÑO	PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)
1993	1893,5
1994	508,5
1995	810,7
1996	1335,8
1997	539,13
1998	1023,32
1999	918,1
2000	987,6
2001	805,9
2002	1893,5
2003	1893,5
2004	1359,6
2005	304,4
2006	1893,5



APÉNDICE C
DATOS MORFOLÓGICOS

A continuación se presentan los planos y figuras que ilustran el aspecto morfológico del relleno sanitario de “La Paragüita”.



Figura C.1. Plano topográfico inicial del relleno sanitario de “La Paragüita”

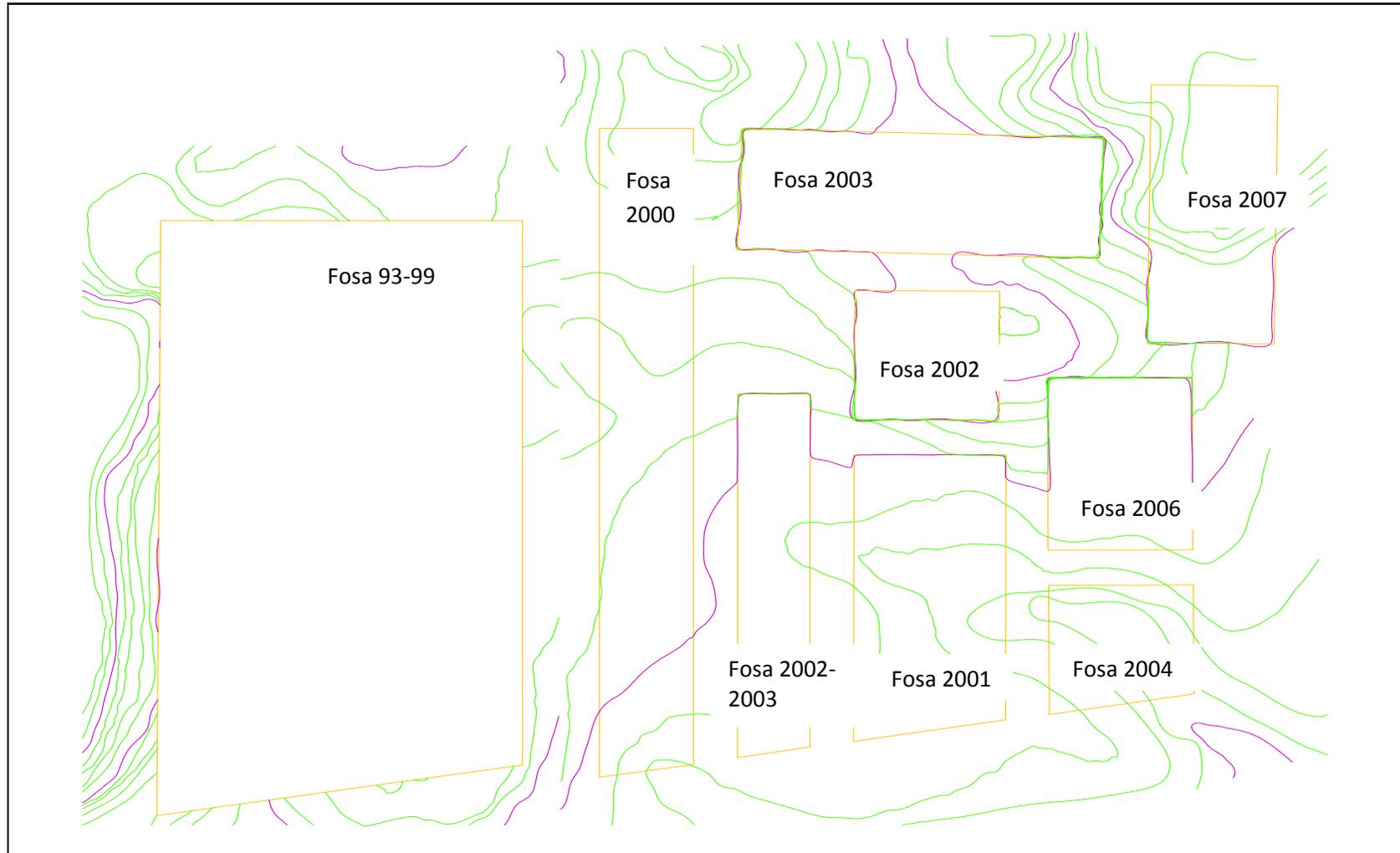


Figura C.2. Plano en AUTOCAD del relleno sanitario “La Paragüita”, con la ubicación de las diferentes fosas construidas desde 1993 hasta 2007.

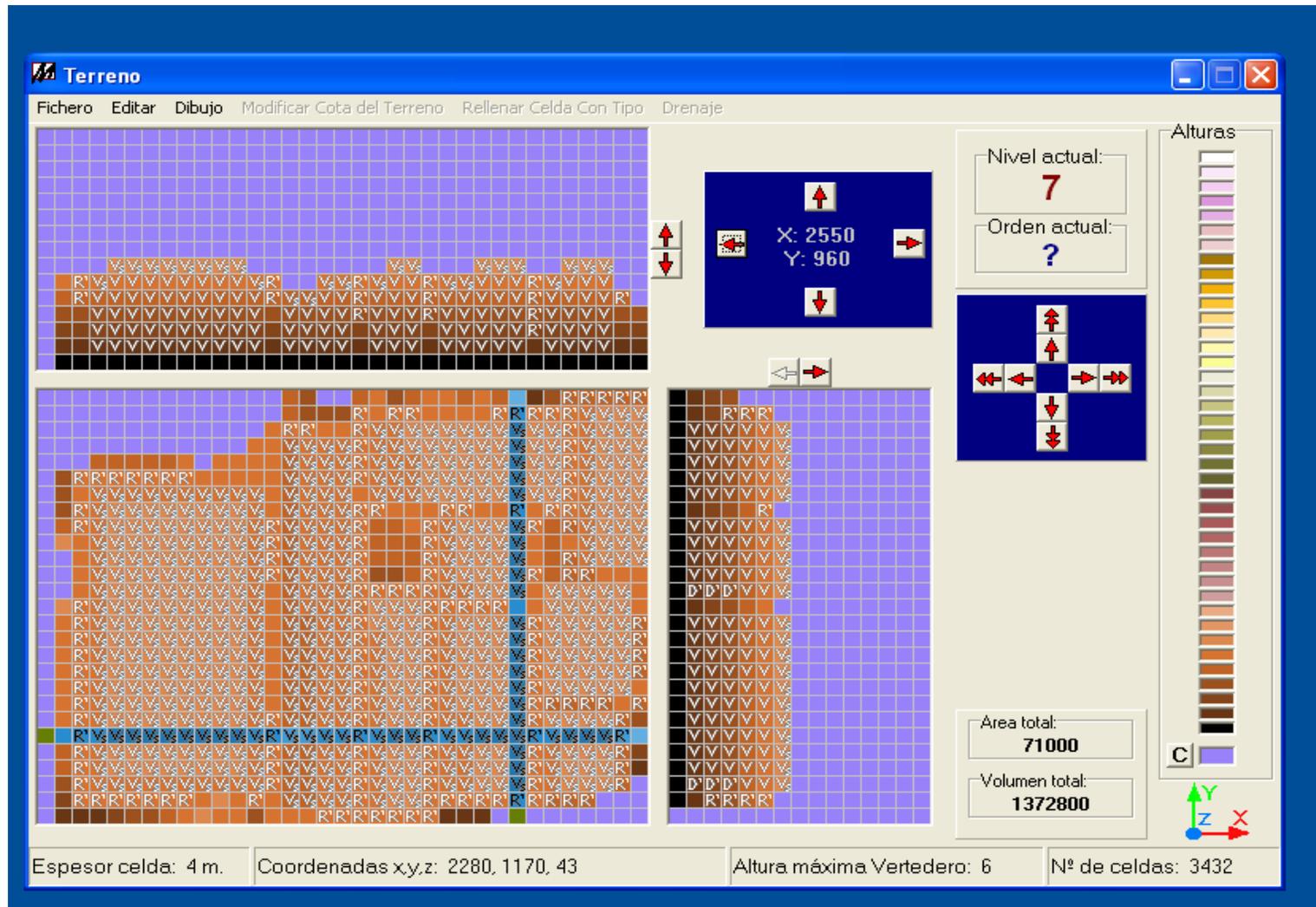


Figura C.3. Vista de planta y perfiles de la malla del relleno sanitario de “La Paragüita”, en el programa MODUELO 2.0.



TABLA C.1
DIMENSIONES Y VOLUMEN DE LAS FOSAS CONSTRUIDAS EN EL RELLENO SANITARIO DE “LA PARAGÜITA”
DURANTE EL INTERVALO DE SIMULACIÓN.

FOSA	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD EXCAVACIÓN(m)	ALTURA SOBRE EL SUELO(m)	ALTURA DE RELLENO	VOLUMEN DE LA FOSA(m3)
93-99	190,00	100,00	5,00	15,00	20,00	380.000,00
00	230,00	40,00	0,00	15,00	15,00	138.000,00
01	110,00	50,00	5,00	15,00	20,00	110.000,00
02	50,00	50,00	5,00	15,00	20,00	50.000,00
02-03	130,00	30,00	5,00	15,00	20,00	78.000,00
03	50,00	110,00	5,00	15,00	20,00	110.000,00
04	50,00	40,00	5,00	15,00	20,00	40.000,00
06	70,00	50,00	5,00	15,00	20,00	70.000,00
07	100,00	40,00	5,00	15,00	20,00	80.000,00
					VOLUMEN TOTAL	1.056.000,00



TABLA C.2

DETERMINACIÓN PREVIA DEL NÚMERO DE CELDAS VERTEDERO (V) QUE DEBE CONTENER CADA FOSA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MALLA DE SIMULACIÓN (.MRF).

FOSA	VOLUMEN DE LA FOSA(m3)	NRO DE CELDAS VERTICALES	CELDAS EN Z	ALTURA DE ARCILLA(m)	VOLUMEN DE ARCILLA (m3)	VOLUMEN DE DESECHOS (m3)	CELDAS EN X	CELDAS EN Y	CELDAS VERTEDERO
93-99	380.000,00	4,65	5	1,5	28500	351.500,00	10	19	884
00	138.000,00	3,49	3	0,9	8280	129.720,00	4	23	321
01	110.000,00	4,65	5	1,5	8250	101.750,00	5	11	256
02	50.000,00	4,65	5	1,5	3750	46.250,00	5	5	116
02-03	78.000,00	4,65	5	1,5	5850	72.150,00	3	13	181
03	110.000,00	4,65	5	1,5	8250	101.750,00	11	5	256
04	40.000,00	4,65	5	1,5	3000	37.000,00	4	5	93
06	70.000,00	4,65	5	1,5	5250	64.750,00	5	7	163
07	80.000,00	4,65	5	1,5	6000	74.000,00	4	10	186
TOTAL	1.056.000,00							TOTAL CELDAS V	2456



APÉNDICE D FICHEROS DE SIMULACIÓN

A continuación se presentan los ficheros de simulación y de resultados, para el caso del relleno sanitario “La Paragüita”, utilizados y arrojados por MODUELO 2.0

D.1. FICHERO DE SIMULACIÓN

A continuación se presenta el fichero principal de simulación (extensión .sim), utilizado para simular la contaminación generada en el relleno sanitario de “La Paragüita”:

Nombre de proyecto:
PROYECTO NUEVO
Fichero morfológico
C:\Program Files\MODUELO\datos\paraguita\Terreno paraguita.mrf
Fichero de producción:
C:\Program Files\MODUELO\datos\Producción Paraguita.prd
Fichero de clima:
C:\Program Files\MODUELO\datos\paraguita\Clima Paraguita.dbf

Fecha de inicio:
1 1 1993
Fecha de finalización:
31 1 2007
Intervalo:
1
Latitud:
10
Primera celda a disponer:
1
¿Se quiere el vertedero seco al principio?(1 sí/0 no):
0
Pendiente del vertedero en dirección del eje x:
0.000000
Pendiente del vertedero en dirección del eje y:
0.000000
Valor de parámetro libre, por el momento (entero):
0
Rugosidad de Manning en la tubería del dren:
0.009
Parámetro de variación de la Permeabilidad en profundidad:
0.000264 7.5E-05
Parámetros b y c del modelo de CC:
30.000000 30000.000000
Modelo de Evaporación (0 Penman/1 Hargreaves):0
¿Calcular profundidad de evaporación función de la permeabilidad? (1 si/0 no):0



¿Profundidad máxima de Evaporación dada por el usuario como valor fijo? (1 si/0 no):1
Profundidad máxima en la que actúa la evaporación superficial:
0.760000
% de humedad límite que se puede evaporar (sobre la CC):
94.000000
Tiempo en el que se reparte las lluvias horarias aisladas:
30.000000
Altura de Almacenamiento Superficial para consideración de la Escorrentía Superficial:
50.000000
¿Se quiere simular degradación? (1 sí/0 no):1
Tiempo en años de activación de los elementos Rápidamente Degradables:
0.000000
Tiempo en años de activación de los Lentamente Degradables:
1.000000
Tiempo en años de activación de la Metanogénesis:
0.000000
Constante de hidrólisis de los elementos R. D.:
0.00023
Constante de hidrólisis de los elementos L. D.:
0
Temperatura de las Celdas en ° Kelvin:
298.000000
Coeficiente estequiométrico fAC:
0.2
Coeficiente estequiométrico fCHO:
0.200000
Coeficiente estequiométrico f'AC:
0.680000
Constante de Degradación de los elementos R. D.:
0.68 30000 0
Puntos de ajuste (4) de la curva Humedad-Degradación:
0 0
35 25
65 75
90 100
Fichero de resultados generales:
C:\Program Files\MODUELO\results\La_Paraguita.res
¿Se registran los lixiviados por elemento de drenaje inferior?:(1 sí/0 no):
1
Fichero de resultados de lixiviados:
C:\Program Files\MODUELO\results\La_Paraguita.lix
Celdas que se quieren evaluar:
0



D.2. FICHERO DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados en forma generaliza arrojados como resultados por el programa (extensión .res) MODUELO 2.0 para el relleno sanitario de “la Paragüita”:

Lixiviado a charco: 1.5399 m3, Lixiviado por frente: 6611.56 m3, Lixiviado por dren: 33971.7 m3
Lluvia infiltrada: 189690 m3, Lluvia escurrida: 84985.8 m3, Lluvia almacenada: 854399 m3
Lluvia evaporada exterior: 235820 m3, Lluvia evaporada interior: 154429 m3
Lluvia caída Total sobre celdas: 508597 m3 y la lluvia total en mm/m: 16182.6
Agua inicial en vertedero: 0 m3
Humedad inicial igualada a la de la basura y disipada durante la simulación.
Capacidad de agua inicial en vertedero: 0 m3
Agua entrante por humedad en nuevas celdas: 363189 m3.
Agua Total dentro de celdas al final: 335324 m3
Capacidad de agua final en vertedero: 583573 m3
Humedad final en vertedero: 31.0032 (% en peso seco incluyendo rellenos)
Humedad final en basura de vertedero: 43.0947 (% en peso seco)
Humedad máxima final en basura posible: 74.9988 (% en peso seco)
Volumen de basura y de todo el vertedero al final: 1.03748E+06 m3, 1.2812E+06 m3
Peso de basura y de todo el vertedero al final: 778110 Tn, 1.08158E+06 Tn
Edad media de todas las celdas con basura al final de la simulación: 7.04 años
=====

CH4 total generado: 998314 m3
CO2 total generado: 3.21905E+06 m3
H2 total generado: 7.41038 m3
N2 total generado: 429391 m3
O2 total generado: 64877.5 m3
Volumen Biogás total generado: 4.71163E+06 m3
Agua total consumida en degradación: -711.606 m3
Agua que ha faltado en degradación: 0 m3
Agua que ha sobrado en degradación saturando celdas; 0 m3
Tn de materiales hidrolizados:
2723.34 Tn de C, 363.985 Tn de H, 2289.86 Tn de O, 131.312 Tn de N, 20.9981 Tn de S
total: 5529.5 Tn
Peso total llegado a vertedero de materia HRB: 152613 Tn
Peso total llegado a vertedero de materia HRNB: 12216.2 Tn
Peso total llegado a vertedero de materia HLB: 16682.2 Tn
Peso total llegado a vertedero de materia HLNB: 1338.34 Tn
Tn de materiales disueltos biod. por frente:
0.0100262 Tn de Ccho, 0.00167105 Tn de Hcho, 0 Tn de Ocho, 0.000511428 Tn de AC, 0.000770619 Tn de SH2, 0.00280728 Tn de NH3
total: 0.0157866 Tn



```

Tn de materiales disueltos no biod. por frente:
    0.00401237 Tn de C, 0.000539435 Tn de H,0.00329826 Tn de
O,0.000184949 Tn de N,3.08249E-05 Tn de S
    total: 0.00806584 Tn
Tn de materiales disueltos biod. por dren:
    51.8094 Tn de Ccho, 8.63495 Tn de Hcho,0 Tn de Ocho,0.157685 Tn de
AC,3.98207 Tn de SH2,14.5063 Tn de NH3
    total: 79.0904 Tn
Tn de materiales disueltos no biod. por dren:
    20.7332 Tn de C, 2.78744 Tn de H,17.0433 Tn de O,0.955696 Tn de
N,0.159283 Tn de S
    total: 41.6789 Tn
Peso total remanente en vertedero de materia HRB: 146993 Tn
Peso total remanente en vertedero de materia HRNB: 11766.7 Tn
Peso total remanente en vertedero de materia HLB: 16682.2 Tn
Peso total remanente en vertedero de materia HLNb: 1338.34 Tn
Peso total remanente de materia disuelta biod.      : 773.561 Tn
    507.051 Tn de Ccho, 84.5085 Tn de Hcho,0 Tn de Ocho,1.05821 Tn de
AC,38.9719 Tn de SH2,141.97 Tn de NH3
Peso total remanente de NH3 disuelta (biod.)      : 141.97 Tn
Peso total remanente de materia disuelta no biod.: 407.907 Tn
    202.914 Tn de Ccho, 27.2803 Tn de Hcho,166.8 Tn de Ocho,9.35325 Tn
de AC,1.55889 Tn de SH2,0 Tn de NH3
Hipersaturados en XY: 0, Hipohumedos en XY: 0
Hipersaturados en Z: 0, Hipohumedos en Z: 1047182
Flujos con dren lleno: 0 , Hipohumedos en Dren: 3132299
Número total de intervalos calculados: 123384
Número final de celdas colocadas: 3203
=====
Simulación con los datos de los siguientes ficheros:C:\Program
Files\MODUELO\Datos\La_Paragüita.sim ----->general de simulación
C:\Program Files\MODUELO\datos\paraguita\Terreno paraguita.mrf -----
>morfológico
C:\Program Files\MODUELO\datos\paraguita\Clima Paraguita.dbf -----
>climatológico
C:\Program Files\MODUELO\datos\Producción Paraguita.prd ----->de
producción
Acabado de simular en:  Fri Jan 23 15:25:52 2009
=====
===== © 2003 Amaya Lobo, María del Mar Sánchez e Iñaki Tejero
=====
===== Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente
=====
===== Universidad de Cantabria
=====
*****FICHERO DE RESULTADOS DE MODUELO
2.0*****

```



APÉNDICE E

MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL RELLENO SANITARIO “LA PARAGÜITA”

En el presente apéndice se muestra la imagen satelital del relleno sanitario de “La Paragüita”, así como algunas características del lugar.



Figura E.1. Imagen satelital del relleno sanitario de “La Paragüita”.



Figura E.2. Construcción de fosa en el relleno sanitario de “La Paragüita”.



Figura E.3. Colocación de geomembrana en fosa del relleno sanitario de “La Paragüita”.



Figura E.4. Laguna a la entrada del relleno sanitario de “La Paragüita”.



Figura E.5. Incendio ocurrido en “La Paragüita” en febrero del 2008.



Figura E.6. Comunidades que habitan las adyacencias del relleno sanitario de “La Paragüita”



APÉNDICE F

MANUAL DEL USUARIO MODUELO

A continuación se presenta el manual del usuario MODUELO versión del programa descrita por Herrero y Montero (1999).