



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO

INGENIERO CIVIL

SANITARIA

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL
GUAYAS**

AUTOR: MARIA CAMILA HORMIGA DIAZ

JESSICA TATIANA VERA VASQUEZ

TUTOR: ING. CEVALLOS REVELO ZOILA LUCRECIA, MSc.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2019

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a mi madre que día a día me brinda su apoyo, su cariño y su amor. También el apoyo de toda mi familia durante toda mi carrera, en especial a mis tíos y tías.

Agradezco a mi compañera de tesis, con la cual se llevó a cabo este estudio, y a todos los profesores que tuve durante mi formación académica secundaria, en especial al Ing. Andrés Villamar Cárdenas que con su ayuda nos guío desde el comienzo hasta la culminación de este proyecto.

María Camila Hormiga Díaz

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, a mi familia que me brindan su apoyo incondicional día tras día en especial a mi madre, a mi padre, y a mis tíos el Sr. Jazmani Vásquez Morales y el Sr. Miguel Vásquez Morales, a mi compañera María Camila Hormiga con la cual realice este estudio, a mis maestros por su dedicación y haberme transmitido sus conocimientos como lo son el Ing. Andrés Villamar Cárdenas por la ayuda prestada en el proceso de nuestro trabajo.

Jessica Tatiana Vera Vásquez

Dedicatoria

Quiero dedicar mi proyecto de tesis principalmente a Dios, por ser siempre ser mi guía.
Un especial agradecimiento a mis padres, Sr. Oscar Hormiga y Sra. Elsa Díaz, que desde el comienzo de mi carrera me brindaron su apoyo y fueron mi mayor fuente de motivación.
A mi tío Sr. José Ricardo Díaz, el cual siempre me brindo sus sabios consejos, y estuvo siempre pendiente de mi desarrollo profesional.

María Camila Hormiga Díaz

Dedicatoria

Mi proyecto de tesis quiero dedicárselo a 3 seres muy importantes en mi vida, sin los cuales no podría haber llegado hasta este momento, esos seres son: Dios por ser mi pilar y mi fortaleza, mi madre la Sra. Flerida Vásquez Morales por ser la fuente de mi inspiración y ganas de superación, a mis tíos el Sr. Jazmani Vásquez Morales que siempre me brindó su apoyo y sus consejos para ser una profesional.

Jessica Tatiana Vera Vásquez

Declaración Expresa

Artículo XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.


MARÍA CAMILA HORMIGA DÍAZ
C.I. 0961450012
JESSICA TATIANA VERA VÁSQUEZ
C.I. 0929072791

Tribunal de Graduación

Ing. Fausto Cabrera Montes, M.Sc

Decano

Ing. Zoila Cevallos Revelo, M.Sc

Tutora

Vocal

Vocal



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Telf: 2283348

ANEXO 11

Guayaquil, 26 de agosto de 2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Yo CHRISTIAN ALMENDARIZ RODRIGUEZ, habiendo sido nombrado tutor del trabajo de titulación **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS** certifico que el presente, elaborado por **HORMIGA DÍAZ MARÍA CAMILA** con C.I. 0961450012 Y **VERA VÁSQUEZ JESSICA TATIANA**, con C. I. 0929072791, del núcleo estructurante **SANITARIA**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, en la Carrera de Ingeniería Civil, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

C. Almendariz R.

ING. CHRISTIAN ALMENDARIZ RODRIGUEZ, M.Sc
Nº. C. I. 0916587728



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACIÓN
Tel: 2283348

ANEXO 12

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, JESSICA TATIANA VERA VASQUEZ con C.I. Nº 0929072791, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS" son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

VERA VASQUEZ JESSICA TATIANA
C.I. # 0929072791

"CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dlc./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION
Telf: 2283348

ANEXO 12

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, MARIA CAMILA HORMIGA DIAZ con C.I. N° 0961450012, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS" son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

HORMIGA DIAZ MARIA CAMILA
C.I. N° 0961450012

"CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo I

Generalidades

1.1 Preliminares	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Objetivos	1
1.3.1 Objetivo General.	1
1.3.2 Objetivos Específicos.....	1
1.4 Justificación.....	2
1.5 Delimitación del Tema	2
1.6 Ubicación	2

Capítulo II

Marco Teórico

2. 1 Antecedentes	4
2.1.1 Población.	6
2.1.2 Clima.	6
2.1.3 Precipitación.	6
2.1.4 Evaporación.....	6
2.1.5 Vientos.....	7
2.1.6 Geología.	7
2.1.7 Hidrología.	7
2.1.8 Topografía.	8
2.2 Norma Ras (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento)	9
2.2.1 Generación Diaria de Residuos Sólidos y Proyección de Población.	9
2.2.2 Determinación de la Capacidad y la Vida Útil.....	9
2.2.3 Parámetros de Diseño.	10
2.2.4 Sistema de Impermeabilización.....	11
2.2.5 Sistemas de Drenaje.....	15
2.2.6 Control del Biogás.....	19

2.2.7 Diseño de Celdas.....	19
2.3 Marco Legal.....	28
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.	28
2.3.2 Ley de Gestión Ambiental.	28
2.3.3 Ley Orgánica de Régimen Municipal.....	32
2.3.4 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.	32
2.3.5 Ley Orgánica de Salud.....	34

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Variables	35
3.2 Métodos	35
3.2.1 Método Inductivo.....	35
3.2.2 Método Deductivo.	36
3.2.3 Método Descriptivo.	36
3.3 Metodología.....	36
3.5 Operacionalización de Variables	37

Capítulo IV

Desarrollo

4.1 Proyección de la Población	38
4.2 Producción Per Cápita de Residuos Sólidos	40
4.3 Caracterización de los Residuos Sólidos.....	41
4.4 Calculo de Volumen y Área Requerida	42
4.5 Estabilidad de Taludes	45
4.6 Dimensiones de Celda Diaria	45
4.6.1 Tipo de Celdas.....	48
4.6.2 Determinación de Terrazas o Plataformas.	49
4.7 Cálculo del Caudal de Lixiviado.....	54
4.7.1 Recolección de Lixiviados.....	54
4.7.2 Medición del Caudal de Lixiviados.	54
4.7.3 Cálculo de los Drenes de Percolado.	54

4.7.4 Cálculo de los Drenes de Aguas Lluvia.	58
4.7.4 Planteamiento para el Tratamiento de los Líquidos Lixiviados.	60
4.8 Gases.....	61
4.8.1 Componentes del Biogás.	61
4.8.2 Chimeneas para el Control de Gases.	62

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones.....	64
5.2 Recomendaciones.....	65

Bibliografía

Anexos

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Talud Cuerpo de basura	45
Ilustración 2: Corte de celda tipo	47
Ilustración 3: Diseño de las celdas tipo 1,2,3, y A	48
Ilustración 4: Detalle de cobertura de celda tipo 3 de 36 m ³	49
Ilustración 5: Vista de perfil de las celdas en el Nuevo Relleno Sanitario	51
Ilustración 6: Perfil de diseño del Relleno Sanitario en Yolán.....	53
Ilustración 7: Sistema de drenaje tipo espina de pescado	57
Ilustración 8: El tubo perforado dentro de la capa de drenaje.....	58
Ilustración 9: Detalle del canal de drenaje perimetral de Aguas lluvias y del canal de coronación	60
Ilustración 10: Detalle de la chimenea.....	63

Índice de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables	37
Tabla 2: Datos poblacionales del Cantón Daule	38
Tabla 3: Índice de crecimiento poblacional del Cantón Daule.....	39
Tabla 4: Proyección de la Población	40
Tabla 5: Proyección de la producción per cápita desde el año 2019	41
Tabla 6: Cantidad de desechos producidos en Ton/Día en el Cantón Daule.	42
Tabla 7: Volumen y área necesaria para 20 años de vida útil del Nuevo Relleno Sanitario de Daule	44
Tabla 8: Componentes del biogás de un relleno sanitario	62

RESUMEN

El presente estudio de investigación trata sobre la evaluación del sistema de gestión de residuos sólidos urbanos del Cantón Daule, ubicado la provincia del Guayas, donde se encuentra un relleno sanitario en el cual no existe un funcionamiento total y por este motivo se evaluarán las mejoras.

El relleno está ubicado cerca del cerro Yolán en la vía Los Lojas, pero la demanda de desechos es demasiado alta y sobrepasan el área existente donde se depositan, por lo que son dirigidos a las zonas más llenas, además el relleno sanitario está ubicado cerca de un lugar donde se cultiva de arroz y esta zona se ve afectada por la descarga de los líquidos lixiviados.

Por lo tanto, se propone la caracterización de los residuos sólidos urbanos y luego la determinación de parámetros que permitirán realizar una comparación con los existentes, a través del Reglamento colombiano Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

Palabras claves: RESIDUOS – RELLENO – LIXIVIADOS – NORMAS - PARAMETROS.

ABSTRACT

The present research study is about the evaluation of the urban solid waste management system in the Daule city, located in the province of Guayas, where exists a landfill in which there is not total operation and for this reason the improvements will be evaluated.

The landfill is located near the Yolán hill, on the Los Lojas road, but the demand for waste is too high and exceeds the existing area where are deposited, so these are directed to the most busy area for solid waste. Also, the landfill is located near a place where rice is grown, and this area is affected by the discharge of leaching.

For this reason, it is proposed the characterization of urban solid waste and then the determination of parameters that will make it possible to make a comparison with the existing, through the colombian regulation of basic sanitation (RAS).

Keywords: WASTE – FILLING – LEACHATE – RULE - PARAMETERS.

Capítulo I

Generalidades

1.1 Preliminares

El cantón Daule, hace varios años ha presentado déficit en el manejo integral de residuos sólidos, especialmente en la disposición final de los mismos, y el relleno sanitario actual está por terminar su vida útil ya que existen problemas en el manejo de los desechos sólidos urbanos y líquidos lixiviados.

1.2 Planteamiento del Problema

En el Cantón Daule, la generación de desechos sólidos está siendo un problema que va en aumento con el pasar de los años, por el cual se deben tomar medidas para una adecuada eliminación de los desechos sólidos, ya que tiene problemas en la falta de funcionamiento parcial del relleno sanitario, debido a que hay sectores en los que no transitan los lixiviados, no está colocada toda la tubería para drenaje de los lixiviados, hay lugares donde falta poner geomembrana, los desechos son arrumados en las zonas más llenas y son compactados.

¿Cuáles son los parámetros y área para el correcto funcionamiento del sistema?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar el sistema de disposición final de los residuos sólidos urbanos del Cantón Daule provincia del Guayas, calculando el área requerida y caudal de lixiviados para corroborar que los parámetros estén dentro de la norma colombiana RAS.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Caracterizar los desechos sólidos urbanos del sector, utilizando el método del cuarteo para obtener los porcentajes.

Calcular la población y la tasa per cápita mediante el método geométrico.

Calcular el área requerida para colocar los desechos y el caudal de líquidos lixiviados y compararla con la existente.

1.4 Justificación

Debido al crecimiento poblacional y así como también al seguimiento de la gestión de los residuos sólidos urbanos, en los últimos cinco años en el Cantón Daule, se ha presentado un déficit en el manejo de los residuos sólidos urbanos, en especial en la disposición final de los mismos.

Se detallará la caracterización de los desechos sólidos del Cantón Daule, se calculará el caudal de líquidos lixiviados, dimensionamiento de celdas diarias para el volumen de basura obtenida y determinación del área requerida.

1.5 Delimitación del Tema

Caracterizar los desechos sólidos del Cantón Daule por el método del cuarteo.

Proyectar la población usando el método geométrico.

Determinar el volumen de los desechos sólidos y calcular el área requerida para dichos residuos sólidos para un periodo de 20 años.

Dimensionar las celdas diarias para el volumen de desechos sólidos obtenidos para un periodo de tiempo de 20 años.

Calcular el caudal de líquidos lixiviados.

Proponer método para el tratamiento de líquidos lixiviados.

1.6 Ubicación

“El Cantón Daule pertenece a la Provincia del Guayas, está ubicado en la cuenca baja del río Guayas, en las coordenadas geográficas 9,793.000 Sur y 613.000 Este,

ocupa el tercer lugar en importancia poblacional y urbanísticas.” (PDOT, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Daule, 2015-2025)

Sus límites geográficos son:

Al Norte, el cantón Santa Lucía.

Al Sur, Guayaquil.

Al Este, Urbina Jado y Samborondón.

Al Oeste, Nobol y Lomas de Sargentillo.

Capítulo II

Marco Teórico

2. 1 Antecedentes

Díaz Benavides, 2017, diseñó el relleno sanitario en el municipio de Aguachica Cesar- Bogotá, Basado con los parámetros de las normas RAS, que dice:

En el presente trabajo se propone un diseño para un nuevo relleno sanitario localizado en el municipio de Aguachica Cesar, debido a que la disposición final de los residuos sólidos que se encuentra actualmente está próxima a alcanzar su vida útil y se necesita seguir satisfaciendo las necesidades de la comunidad en temas de saneamiento. Inicialmente se realiza una proyección de los habitantes a 20 años, y por medio de las normas RAS se determinó la cantidad de gases y lixiviados que se van a producir durante toda la vida útil del relleno, para poder realizar un adecuado diseño y tener un control de estos contaminantes, se plantea aplicar una solución sostenible en los temas de tratamiento para los mayores contaminantes que se presentan en los gases y los líquidos lixiviados. Para la clausura y pos clausura del relleno sanitario se realizó un diseño de acuerdo con lo establecido en el RAS, buscando así minimizar los posibles impactos negativos que conllevan la construcción de este proyecto. Además, se realiza la definición de las obras complementarias del relleno sanitario las cuales sirven para temas de seguridad, control y monitoreo.

Idrovo Muñoz y Págalo Tayupanda, 2017, propusieron alternativas para tratar los líquidos lixiviados del Cantón Daule, que consiste: La alternativa consta de un sistema de tuberías con el fin de recoger a la vez de enviar los lixiviados desde cada trinchera hacia sus piscinas donde se almacenará para luego ser llevada de regreso al relleno a través de una bomba esparciéndolo a través de aspersores para ser evaporado en

el ambiente donde el remanente volverá a introducirse en las trincheras para repetirse el ciclo.

Castillo Meza y Luzardo Briceño, 2013, realizaron una Evaluación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga esto se desarrolló en cuatro etapas: caracterización de los residuos sólidos que van a disposición final, cuantificación de residuos destinados a aprovechamiento, evaluación de otros factores asociados a la gestión de los residuos sólidos y el análisis estadístico de la información. Se encontró que el residuo más generado es comida y jardinería. Se identificaron buenas prácticas de aprovechamiento para papel, cartón, metales y comida compostable.

Hidalgo Ulloa, 2017, propuso el diseño de un relleno sanitario para el Cantón Archidona, basado en el tema de investigación que corresponde a: “La disposición final de los desechos sólidos producidos en el cantón Archidona y su incidencia para mejorar la calidad de vida de sus habitantes durante el año 2012.” La modalidad fundamental de investigación es explorativa y descriptiva, profundizando en Investigación de Campo y documentación Bibliográfico. La importancia del vigente proyecto compensa la necesidad que tiene el Cantón Archidona en la actualidad con respecto a la disposición final de los Residuos Sólidos Municipales, incidiendo directamente en la mejora de la calidad de vida de sus habitantes. Al concluir este trabajo de investigación se determina que el manejo no adecuado de los Residuos Sólidos Municipales, causa graves daños al medio ambiente, y por ende a la salud de los habitantes del Cantón Archidona, como recomendación básica, se dispone el realzar el diseño de un relleno sanitario manual que cubra con la demanda de la disposición final de los RSM durante los próximos 25 años, tomando énfasis el manejo de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas.

2.1.2 Población.

La población del cantón Daule, según el censo del 2010 tiene 120326 mil habitantes que representa el 3.3% respecto a la provincia del Guayas.

2.1.3 Clima.

El clima del cantón Daule es bastante uniforme, se encuentra en dos zonas climáticas, según la clasificación de Pierre Pourrot, 1995. Una parte sur y occidental con clima Tropical Mega térmico, Semi-Húmedo, con temperatura entre 25 y 26°C que corresponde al sector del bosque seco de los cerros de Vista Alta en la parroquia Los Lojas. El resto del cantón con clima Tropical Mega térmico Húmedo. (PDOT, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Daule, 2015-2025)

2.1.4 Precipitación.

La precipitación anual media para Daule es de 1.174.11 mm, los meses que registran mayor volumen de lluvias son enero, febrero, marzo y abril con un registro máximo de 209.10, 312.27, 265.98, y 166.83 mm respectivamente. En la última década estos valores han decrecido, puesto que no se ha presentado el fenómeno del Niño y se registra un aumento de temperatura general debido al cambio climático. (INAMHI Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología , 2000-2017)

2.1.5 Evaporación.

La evaporación es proporcionada por el evaporímetro de Piche, con un valor anual de 1.416,9 mm; el mes de mayor evaporación es septiembre, con 149,02 mm y el de menor evaporación es febrero con 86,2 mm, durante el período 2002- 2010. (Registros históricos de la Estación Meteorologica de Nobol).

2.1.6 Vientos.

La mayor parte del cantón Daule recibe vientos con dirección sur-oeste y algo del sur, el promedio de velocidad es de 5,8 m/s. En el mes de septiembre es por lo general más ventoso llegando hasta una máxima velocidad de 7,4 m /s. Este dato es muy importante para tener en cuenta ya que podría haber efectos adversos por los malos olores que podrían ser transportados por el viento hacia las poblaciones cercanas y causar molestias a sus habitantes.

2.1.7 Geología.

La región donde se ubica el Cantón Daule se asienta sobre la llanura aluvial antigua, se caracteriza por su mayor formación y presencia de las subdivisiones características de una llanura aluvial como son: diques, terrazas, etc. Corresponde a una llanura aluvial que ha pasado por procesos de degradación y se caracteriza por la presencia de superficies con diferentes grados de disectamiento. Estas superficies están relacionadas con cimas redondeadas anchas o estrechas, con altitudes máximas de 15m pero que típicamente no sobrepasan los 5m.

Las pendientes oscilan entre 2 y 40% y usualmente se asocian con valles, inundados parte del año y aprovechados para cultivos de arroz. Sobre las superficies la cobertura está caracterizada por los cultivos de teca, mango y vegetación arbustiva de clima seco.

2.1.8 Hidrología.

La futura ubicación del Relleno Sanitario de Daule se encuentra dentro de la cuenca baja del río Guayas, no obstante, dentro de la misma se circunscribe o enmarca dentro de una subcuenta específica, como lo es la del río Daule, concretamente en el área de drenajes menores que alimentan al mencionado río y definen una amplia zona de inundación, los cuales a su vez forman el Río Guayas. El

recurso hídrico más importante es el río Daule a casi 6 km de distancia y el más cercano es un estero s/n a 2,6 km de distancia. Las zonas bajas podrían ser rellenadas por encima de la cota de la zona inundable que es 4,13 msnm.

El sector se caracteriza por ser suelo arcilloso, con las primeras lluvias, rápidamente, la tasa de precipitación excede a la tasa de infiltración, lo que produce inmediatamente la escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie, que, según datos de los análisis de suelo, son muy bajas. Todo esto se lo puede corroborar en el sitio, viendo que los terrenos aledaños, son utilizados exclusivamente para la siembra de arroz. (INAMHI Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología , 2000-2017)

2.1.9 Topografía.

La topografía del Cantón Daule es semi-plana, con pocas variaciones altitudinales, proporcionando un relieve plano en su mayor parte, la altura promedio es de 16 msnm y zonas altas como el cerro Yolán, prácticamente la mitad del terreno de 22 has (220.000 m²) se encuentra formando una planicie y la otra mitad es una ladera de la montaña o cerro “Yolán”, con pendientes variables, ya que este cerro forma parte de la cadena montañosa de la cordillera Chongón-Colonche que va desde el 2 al 40% de gradiente.

El sitio seleccionado para la disposición final de los residuos sólidos de Daule presenta gradientes, curvas, canales naturales de drenaje y poca afluencia vehicular y peatonal. No se han observado rasgos de inestabilidad del terreno por lo se pueden considerar como buenas condiciones de estabilidad. La fuente de agua más cercana está ubicada a 2,6 km de distancia, (estero s/n). Para el diseño se hizo un

levantamiento topográfico completo del sitio el cual se puede observar en los planos que constan en el Anexo.

2.2 Norma Ras (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento)

2.2.1 Generación Diaria de Residuos Sólidos y Proyección de Población.

Con base en lo establecido, se debe estimar la cantidad de residuos sólidos generados por la población o poblaciones que dispondrán los residuos en el relleno sanitario y realizar los cálculos de proyecciones respectivos.

2.2.2 Determinación de la Capacidad y la Vida Útil.

Se debe calcular año a año, la cantidad total de residuos a disponer en el relleno sanitario para un periodo no inferior a 20 años y para cada una de las áreas potenciales, se determinará a nivel de pre-diseño, una altura. Para cada nivel y la elevación máxima del relleno sanitario, para lo cual se debe proceder a realizar un perfil superficial del suelo en el sitio donde se ubicará el relleno sanitario y a dibujar las cotas de excavación y los perfiles de cada uno de los niveles, hasta llegar a la elevación máxima deseada.

Posteriormente, se debe realizar en un plano de localización donde se encuentren señaladas las curvas de nivel finales, el contorno del relleno sanitario con lo cual se posibilitará determinar la longitud de cada uno de los niveles en forma transversal, para luego en un cuadro de áreas poder determinar el volumen para cada nivel y la capacidad total de disposición final; información que se debe cruzar finalmente con la generación anual de residuos sólidos proyectada, para así determinar la vida útil del relleno sanitario para cada área potencial.

2.2.3 Parámetros de Diseño.

2.2.3.1 Selección del Método a Utilizar.

La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario debe realizarse con base en las condiciones topográficas, geotécnicas e hidrogeológicas del sitio seleccionado para la disposición final de los residuos.

Deben establecerse el perfil estratigráfico del suelo y el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios.

2.2.3.2 Método de Zanja o Trinchera.

Este método se recomienda en regiones planas. El material que se extrae debe colocarse a un lado de la zanja para utilizarlo como material de cobertura.

2.2.3.3 Método de Área.

Este método se recomienda en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Éstos pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial.

Este método también se adapta para rellenar depresiones naturales o artificiales. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, procurando que sea lo más cerca posible para evitar sobre costos en el transporte. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, pág. 171)

2.2.3.4 Método de Rampa.

Este método debe utilizarse en terrenos de pendiente moderada. Puede planearse de manera que se formen escalones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cubierta. Puede utilizarse para formar terrazas en terrenos de pendiente

pronunciada. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, pág. 172)

2.2.3.5 Método Combinado.

Los métodos de área y trinchera, por poseer técnicas similares de operación, pueden combinarse para obtener un mejor aprovechamiento del terreno y del material de cobertura y rendimientos en la operación. Si las condiciones topográficas lo permiten se pueden combinar los métodos. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, pág. 172)

2.2.4 Sistema de Impermeabilización.

La impermeabilización debe estar situada en el fondo del Relleno Sanitario y debe tener como mínimo de una capa de arcilla GCL (en inglés: Geosintetic Clay Liners), además de tener una geomembrana. Los requisitos mínimos que deben cumplir los elementos que conforman el sistema de impermeabilización son:

- 1. Preparación de la Subrasante.** La superficie del estrato de suelo compactado debe estar libre de rocas, raíces y exceso de agua. Debe ser plana y fuerte para que dé un soporte continuo a las capas de arcilla y a la geomembrana, si existe presencia de materiales punzantes, se debe colocar un geotextil no tejido para la protección de la geomembrana. También es necesario compactar el suelo con energías de compactación adecuadas, representadas por la energía promedio y alta de compactación, para establecer el contenido de humedad óptimo y el peso unitario seco. Se aconseja utilizar el ensayo de Proctor estándar para compactar las capas de suelo hasta tener como mínimo el 95% de la densidad máxima de este ensayo o el 90% de la densidad máxima del Proctor modificado.
- 2. Capas de Arcilla.** Están construidas de materiales de suelos naturales

llegando a contener materiales procesados como bentonita o materiales sintéticos. La misma debe contar con un espesor mínimo que avale velocidades de infiltración tan bajas que el tiempo transcurrido para que una gota de fluido atraviese la capa impermeable sea mayor a 20 años. Si se plantean espesores menores, estos deben ser tolerados técnicamente y su empleo debe ser admitido por la Autoridad Ambiental competente.

Requisitos de compactación y permeabilidad. Se debe alcanzar una masa homogénea con una conductividad hidráulica menor o igual a 1×10^{-6} cm/s, compactando el suelo con un contenido de humedad de 2 % a 3 % por encima de la humedad óptima y con un alto nivel de energía de compactación.

Materiales. - A continuación, se presentan los requisitos mínimos para conseguir la conductividad hidráulica requerida:

Porcentaje de finos ≥ 20 %

Índice de plasticidad ≥ 20 %

Porcentaje de suelo grueso ≤ 30 %

Tamaño máximo de partícula en el rango de 25 mm a 50 mm

Si la capa de suelo no logra la permeabilidad requerida, se pueden utilizar aditivos como bentonita, caolinita, etc. No se recomienda utilizar aditivos con altos índices de plasticidad ($I_p > 30$ %), por la dificultad que presentan en el trabajo en campo.

Construcción. - Procesamiento.

Para que la hidratación o deshidratación del suelo sea uniforme se requiere de 1 a 3 días. Cuando se utilizan aditivos como la bentonita, deben mezclarse los componentes extendiendo una capa de suelo de espesor de 0,10 m a 0,15 m; y sobre ésta se coloca el aditivo para mezclar los materiales.

Preparación de la superficie. La superficie de la capa compactada debe ser áspera; de lo contrario, debe ser escarificada 2 cm a 3 cm con un disco o cualquier aparato disponible.

Colocación del suelo. Si se utilizan estacas para controlar el espesor de la capa de suelo, una vez removidas las estacas deben sellarse las perforaciones. Después de colocado el suelo, debe añadirse una pequeña cantidad de agua para compensar la pérdida por evaporación.

Compactación. Se recomiendan las siguientes especificaciones para el equipo de compactación:

- Peso mínimo de 1,800 kg.
- Longitud mínima del pie en el rango de 180 mm a 200 mm.

El diseño de la actividad de compactación debe demostrar el logro de la compactación mínima exigida. El equipo debe ser aprobado y verificado por la interventoría para obtener la densidad de diseño.

Protección. Para evitar la desecación del suelo después del proceso de compactación, se recomienda:

- Cubrir la capa compactada temporalmente con plástico, cuidando que no se caliente excesivamente y seque la arcilla.
- La superficie puede ser allanada con rodillo para formar una capa relativamente impermeable en la superficie.
- Humedecer periódicamente el suelo.
- Las anteriores recomendaciones deben aplicarse a cada sección de capa compactada y a la última capa terminada.

Pruebas de control de calidad. Para controlar la calidad de la construcción de la capa, debe verificarse que los materiales de construcción son los adecuados y se

deben realizar pruebas y observaciones para verificar que el proceso de compactación es adecuado.

3. Geomembranas. Los siguientes factores deben ser considerados en el diseño e instalación de la geomembrana:

1. Propiedades y materiales. Deben tener excelente resistencia química y juntas confiables. El diseñador debe asegurarse de que el material seleccionado para la geomembrana cumpla con los requisitos de compatibilidad química entre el lixiviado y la geomembrana en el corto y en el largo plazo, de tal forma que no sufra deterioro en sus características mecánicas por reacciones con el líquido que la inhabiliten para cumplir su función. En la selección del material debe tener en cuenta los esfuerzos residuales que se generan durante el proceso de unión y sellado del material.
2. Transporte, almacenamiento y colocación de la geomembrana. La geomembrana debe ser transportada en rollos al sitio de trabajo, en su almacenamiento debe evitarse el contacto directo con el terreno y debe ser protegida de la exposición excesiva al polvo, agua y calor.
3. Pruebas y juntas de la geomembrana. Si las juntas de la geomembrana se llevan a cabo por procesos térmicos, se requieren buenas condiciones climáticas y superficies completamente limpias. La junta debe efectuarse cuando la temperatura ambiente está entre 5 °C y 40 °C y debe existir un buen control del polvo durante el proceso. Debe establecerse un programa de pruebas de juntas para el control de calidad, el cual puede basarse en las Normas ASTM específicas relacionadas en este Título.
4. Seguridad de la calidad en la construcción. Debe establecerse un

programa de seguridad de la calidad en la construcción para la instalación de la geomembrana. El programa debe consistir en un sistema planeado de actividades, realizado para asegurar que la construcción sea igual a la que se especifica en el diseño. El programa debe ser desarrollado durante la etapa de diseño del relleno sanitario y se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

Personal calificado. La inspección debe ser realizada por personal con experiencia y conocimiento.

Actividades de inspección. en el programa se deben definir con claridad las pruebas y los criterios de aceptación, especificando la frecuencia de las pruebas a ser realizadas en el suelo compactado y la geomembrana. El inspector debe exigir los resultados de los ensayos de los materiales.

Estrategias de muestreo. Las pruebas deben realizarse mediante la estrategia de muestreo estadístico.

5. Requisitos de diseño de geomembrana. Las geomembranas deben diseñarse teniendo en cuenta los siguientes criterios y el factor de seguridad para las propiedades admisibles debe simular el comportamiento in situ del material: Espesor, esfuerzo de subsidencia, esfuerzo de tensión, anclaje y ensayos. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, págs. 173-181)

2.2.5 Sistemas de Drenaje.

Todo relleno sanitario debe contar con sistemas de recolección y evacuación de aguas de escorrentía y de lixiviados.

2.2.5.1 Aguas de Escorrentía.

El objetivo del sistema de drenaje es interceptar y desviar las aguas lluvias que caen o penetran al predio del relleno, hacia el cuerpo receptor más cercano. La absorción debe ser mínima o nula en áreas rellenadas.

- I. Drenaje de aguas lluvias para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos menor o igual a 15 toneladas por día. Debe interceptarse y desviarse el escurrimiento del agua lluvia fuera del relleno sanitario mediante la construcción de canales en tierra o suelo cemento de forma trapezoidal que deben ser dimensionados de acuerdo con las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía. El canal debe ser trazado por la curva de nivel máximo a que llegará el relleno y debe garantizar una velocidad máxima media de 0,5 m/s y con un número de Froude menor de 0,9 y deberá cumplir con fuerza tractiva.
- II. Drenaje de aguas lluvias para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos mayor a 15 toneladas por día. El drenaje de aguas lluvias debe asegurar su permanente evacuación a los cauces naturales, manteniendo una dinámica acorde con las distintas etapas del relleno sanitario. Las obras de drenaje deben ser permanentes y temporales. Las obras de drenaje permanentes deben construirse en los límites del relleno para captar el escurrimiento de aguas arriba; los canales deben revestirse con material apropiado. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0,30 m/s. Los canales de las obras de drenaje temporal deben construirse con taludes 3:1 (H:V), rellenos de grava de 5 cm de tamaño máximo para evitar socavaciones.

Los canales permanentes y los temporales se dimensionan de acuerdo con:

- a) Condiciones de precipitación. Para las condiciones de precipitación local deben conocerse los valores máximos anuales de las lluvias para distintas duraciones, entre 5 minutos y 24 horas en una estación representativa de la zona.
- b) Red de escurrimiento natural. Con base en el estudio topográfico y los planos publicados por organismos competentes que contengan las líneas de nivel suficientemente detalladas en relación al tamaño de la cuenca, deben establecerse los parámetros necesarios tales como límites, área, forma, pendiente media de la cuenca y longitud del cauce principal.
- c) Coeficiente de escorrentía. Debe estimarse el coeficiente de escorrentía considerando los siguientes factores: topografía, tipo de suelo, tamaño de la cuenca, pendientes y saturación del suelo.
(Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, págs. 180-181)

2.2.5.1 Lixiviados.

El sistema de recolección de lixiviados debe diseñarse teniendo en cuenta el caudal máximo de lixiviado y el de agua de escorrentía.

- 1) Drenaje de lixiviados para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos menor o igual a 15 Mg por día. Después de realizar la impermeabilización del fondo y de las paredes laterales, debe construirse un sistema de drenaje en el terreno, que sirva de base al relleno sanitario antes del depósito de los residuos sólidos. También deben construirse drenajes en todas las bases de los taludes interiores y exteriores de las terrazas o niveles

que conforman el relleno sanitario. Construcción del sistema de drenaje. El sistema de drenaje debe ser una red horizontal de zanjas en grava gruesa. Para la construcción de los drenes, debe realizarse el trazado donde se ubica el drenaje en el terreno, similar al de un sistema de alcantarillado. La pendiente del fondo es del 2 %. Deben llenarse las zanjas con piedra de 10 cm a 15 cm, que permitan más espacios libres, y eviten su rápida colmatación. Se recomienda colocar a continuación un material que permita infiltrar los líquidos y retener las partículas finas que lo puedan colmatar tal como un geotextil no tejido. Este sistema puede ser sustituido por un geosistema de dimensiones hidráulicas que permitan el óptimo manejo del caudal de lixiviados.

- 2) Drenaje de lixiviados para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos mayor a 15 toneladas por día. Después de realizarse la impermeabilización debe construirse el sistema de recolección de lixiviados, el cual debe asegurar que se acumule menos de 0,30 m de lixiviado sobre el estrato compuesto de impermeabilización para minimizar la posible contaminación del agua subterránea. En este sistema se deben considerar los siguientes componentes:

- a. Área recolectora. El área recolectora cubre la superficie del área impermeabilizada y recoge el lixiviado. Consiste de un estrato de arena de 0,30 m de espesor con una permeabilidad mínima de 10-2 cm/s, localizado en el fondo del relleno.
- b. Recolectores laterales. Se requieren para mantener la cabeza de 0,30m, para lo cual los recolectores laterales deben ser tubos perforados, de manera que el lixiviado sea conducido a los sumideros

para ser removido del relleno sanitario. La pendiente de los recolectores laterales debe ser mayor de 2%. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, págs. 182-183)

2.2.6 Control del Biogás.

En los rellenos sanitarios, se manejan varios niveles de celdas para la disposición de los residuos, para mantener una producción perenne en el lapso de algunos años. Resulta conveniente la instalación de chimeneas de drenaje, manteniendo una distancia entre sí de unos 20 o 25 metros. Una vez realizado un estudio detallado del terreno, se puede definir la distancia exacta entre celdas y la construcción del relleno sanitario, así estableciendo el “radio de influencia”.

2.2.7 Diseño de Celdas.

La celda diaria corresponde al área donde se esparcen y compactan los residuos sólidos durante un día para cubrirlos al final del mismo. Por lo tanto, el diseñador, con base en la producción diaria de residuos, el método de disposición final y el sistema de compactación de los residuos sólidos, deberá definir la altura, ancho, profundidad, longitud y pendiente de cada celda diaria en el sitio de disposición, de tal forma que se prevea la cantidad de material de cobertura necesario para ser cubierta al final de cada día de operación.

Para rellenos sanitarios con compactación manual, la altura de la celda diaria (incluidos residuos sólidos a disponer y cobertura diaria) no deberá ser mayor de 1,80 m y para rellenos con compactación mecánica de 3,30 m.

El talud de la celda diaria para rellenos sanitarios con compactación manual debe ser 3:1 (H:V). Para los rellenos sanitarios donde se realice compactación mecánica, la inclinación de la celda diaria requiere del análisis de estabilidad de taludes.

2.2.7.1 Colocación de los Residuos.

Los residuos sólidos depositados por los vehículos de recolección, deberán ser esparcidos en capas de 0,30 m en rellenos sanitarios con compactación manual y de 0,45 m en rellenos sanitarios con compactación mecánica, los cuales deben ser compactados antes de ser colocadas capas sucesivas de residuos sólidos o su correspondiente cobertura intermedia o final, según sea el caso.

2.2.7.2 Compactación.

La compactación manual, solo se podrá realizar en rellenos sanitarios con una disposición diaria igual o menor a 15 toneladas por día, empleando rodillos, y las superficies laterales deberán ser compactadas por medio de pisones de mano hasta darles uniformidad. El esparcimiento y compactación deben realizarse en capas inclinadas con una pendiente 1:3 (V:H), lo cual proporcionará mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra y mejor estabilidad del relleno. La superficie final debe tener una pendiente comprendida entre el 2 % y el 3 %.

En rellenos sanitarios con una disposición final mayor a 15 toneladas por día, la compactación deberá realizarse con equipo pesado y en concordancia con las especificaciones definidas por el diseñador y con un número mínimo de pasadas de tres a cuatro por capa hasta alcanzar densidades de mínimo 0,85 Kg/m³.

2.2.7.3 Material de Cobertura.

Luego de realizada la compactación de la celda diaria, debe cubrirse con material sintético o con una capa de material pétreo.

2.2.7.3.1 Cobertura Diaria e Intermedia.

La celda debe cubrirse con una capa de material de espesor mínimo de 0.10 m, esparcida y compactada con rodillo y piones de mano para los niveles medio y bajo de complejidad, y con espesor mínimo de 0.15 a 0.30 m utilizando maquinaria pesada para los niveles alto y medio alto de complejidad; siguiendo el mismo procedimiento aplicado a los residuos sólidos. La cobertura debe aplicarse como mínimo una vez por cada día de operación de manera que no quede ningún residuo sólido expuesto. La capa compactada de cobertura debe tener una pendiente comprendida entre el 2% y el 3%, para que una vez producido el asentamiento la misma no sea menor de 1%. Las cubiertas intermedias que sirven de separación a los niveles deben tener espesor mínimo de 0.30 m compactados. Debe evitarse en lo posible el uso de material impermeable entre capas. En caso de que el material a utilizar sea limoso o arcilloso deben hacerse filtros longitudinales pasantes en grava gruesa que conecten un nivel con el siguiente de tal forma que se permita el flujo de lixiviados de forma vertical entre niveles.

2.2.7.3.2 Suelo de Soporte.

El acomodamiento del terreno mejora sus condiciones y permite un buen desempeño en las operaciones de ingreso de la basura, la construcción de las celdas y las operaciones del relleno sanitario. Debe modificarse el drenaje natural para que se canalice la escorrentía fuera del lugar de disposición final.

2.2.7.3.3 Limpieza y Desmonte.

Debe prepararse un área que sirva de base o suelo de soporte al relleno realizando la limpieza y el desmonte. Esta actividad debe hacerse por etapas, de acuerdo con el avance de la obra, para evitar la erosión del terreno.

2.2.7.3.4 Tratamiento del Suelo de Soporte.

Las primeras capas de suelo deben removerse dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. El movimiento de tierras para la nivelación del suelo de soporte y los cortes de los taludes debe realizarse por etapas; con el fin de que la lluvia no cause erosión ni se pierda material que pueda emplearse como material de cobertura. Las actividades de nivelación, apertura de zanjas, construcción de vías internas, extracción y almacenamiento de material de cobertura deben realizarse con equipo pesado para que sean eficientes.

2.2.7.4 Estabilidad del Relleno Sanitario.

Se deben realizar los estudios de esfuerzos efectivos y contar con un factor de seguridad mínimo de 1,5 en condiciones estáticas y de 1.0 en condiciones pseudoestáticas con sismo, además se deben analizar mecanismos tanto de falla de cuerpo en los residuos, como de fondo o intermedios en las interfaces que haya con geotextiles, geomembranas o drenajes.

2.2.7.5 Caracterización de los Residuos.

El comportamiento mecánico del residuo es caracterizado por los parámetros de fricción ϕ a y cohesión C_a , los cuales deben ser definidos en pruebas de laboratorio o de campo, asumiendo un factor de seguridad mínimo de 1.5.

2.2.7.5.1 Composición del Residuo.

El peso unitario del residuo debe calcularse teniendo en cuenta como mínimo los siguientes componentes: compactibilidad, contribución de la cubierta diaria y humedad de absorción del residuo.

2.2.7.5.2 Resistencia Cortante del Residuo.

El criterio de falla modificado de Coloumb puede emplearse para caracterizar la resistencia cortante del residuo, considerando un ángulo de fricción, ϕ_a , y una cohesión C_a . La determinación de la resistencia en el laboratorio puede estar dada para un nivel de esfuerzo de 15% a 20%.

Deben ensayarse muestras de tamaño representativo de manera que las pruebas no varíen en un rango amplio debido al contenido de suelo.

Si el residuo llega a saturarse con el tiempo en el relleno, las pruebas para estabilidad deben ser basadas en muestras saturadas. Los valores del ángulo de resistencia al corte y la cohesión deben apoyarse en pruebas de laboratorio.

2.2.7.5.3 Cortante a lo Largo de las Interfaces.

La estabilidad será expresada en términos del factor de seguridad contra deslizamiento a lo largo de la interface, de las capas y cubiertas formadas por geomembranas, geotextiles y drenaje usadas en conjunto con materiales térreos. El ángulo de fricción en la interface, δ , depende del tipo de materiales situados en ambos lados de la interface, tipo de resina, textura de la superficie, rigidez del geotextil o la geomembrana, y otros factores relacionados con la colocación en campo y calidad de control. Debe ensayarse el material para evaluar el ángulo de fricción en la interface. Si las características de fricción en la interface no son adecuadas para asegurar la estabilidad, la cubierta de suelos puede ser reforzada con geotextiles de alta resistencia.

2.2.7.6 Métodos de Análisis de Estabilidad.

La evaluación de la estabilidad del relleno sanitario debe definirse en términos del factor de seguridad, expresado como:

$$FS = \frac{\text{Resistencia disponible en la superficie de falla}}{\text{Fuerzas motoras en la superficie de falla}}$$

Para evaluar el factor de seguridad pueden utilizarse software para estabilidad de taludes.

El análisis de estabilidad debe involucrar la evaluación de las propiedades del residuo y las propiedades del suelo, los niveles de lixiviado y la determinación del tipo de análisis requerido.

1. El estudio de estabilidad de taludes debe realizar un análisis a largo plazo. Los niveles alto y medio alto de complejidad del sistema deben considerar las presiones generadas por el gas.

2. Consideraciones sísmicas. Debe realizarse el análisis de estabilidad de taludes teniendo en cuenta la aceleración máxima presentada en el sitio según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente NSR-10.

2.2.7.7 Obras Complementarias.

Las siguientes obras complementarias que se requieren para los rellenos sanitarios con una disposición menor o igual a 15 toneladas por día.

Cerco perimetral. Debe construirse una cerca de alambre de púas de 1,50 m de altura, como mínimo. Se debe impedir el libre acceso del ganado al interior del relleno. Es necesaria la conformación de un cerco vivo de árboles que sirva como barrera natural. Se recomienda sembrar árboles de rápido crecimiento.

Área de aislamiento. Debe destinarse una franja perimetral donde se establecerán plantaciones arbóreas de talla y follaje suficiente para reducir la salida de polvos,

ruidos y materiales ligeros durante la operación. La longitud mínima de la franja deberá ser de 10 metros. El área de aislamiento deberá ser preparada antes de iniciar la disposición final de residuos sólidos. c.

Caseta de vigilancia. Se requiere la construcción de una caseta con un área aproximada de 10 m² a 15 m². Esta obra se utiliza como portería, lugar para guardar las herramientas y la ropa de los trabajadores e instalaciones sanitarias. Una caseta prefabricada también puede ser adaptada y empleada para estas funciones.

Estación de pesaje. Debe ubicarse de tal manera que permita realizar las funciones eficientemente durante toda la operación del relleno. La dimensión de la caseta de pesaje debe ser como mínimo de 10 m². Debe tener una superficie de dimensiones suficientes y una capacidad acorde para dar servicios a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga. Debe preverse una zona de espera para pesaje, ubicada dentro del cerco perimetral, ante las eventuales demoras que puedan producirse en la estación de pesaje por arribos simultáneos de vehículos recolectores que deben estacionarse ordenadamente.

Instalaciones sanitarias. Debe contarse con instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores.

Patio de maniobras. Debe prepararse una zona de aproximadamente 200 m² para que los vehículos recolectores puedan maniobrar y descargar los residuos sólidos en el frente de trabajo.

Valla publicitaria. Es necesario colocar un cartel de presentación de la obra en construcción. Debe contener una breve descripción del proyecto y una leyenda cívica.

Las obras complementarias para los rellenos sanitarios con una disposición mayor a 15 toneladas por día:

Trama vial circundante. Deben realizarse las modificaciones necesarias que permitan el normal desplazamiento de los vehículos recolectores. Debe iluminarse la trama vial circundante y su señalización puede ser de tipo móvil o fijo, acorde con el uso final, de manera que puedan ser utilizadas durante el periodo de ejecución del relleno y su posterior integración al destino final que se dará al sitio.

Cerco perimetral. Debe construirse un cerco perimetral a toda la superficie donde se ejecuta la obra con el fin de controlar el acceso al relleno sanitario. Las características de construcción deben satisfacer las condiciones estéticas del entorno. Se puede utilizar alambre tejido de 1,80 m de altura y colocarse en la parte superior hilos de alambre de púas. Los portones de acceso y egreso pueden tener características de construcción similares.

Área de aislamiento. Debe destinarse una franja perimetral donde se establecerán plantaciones arbóreas de talla y follaje suficiente para reducir la salida de polvos, ruidos y materiales ligeros durante la operación. La longitud mínima de la franja deberá ser de 50 metros. El área de aislamiento deberá ser preparada antes de iniciar la disposición final de residuos sólidos.

Caseta de vigilancia. A la entrada del relleno sanitario debe instalarse una caseta con un área aproximada de 10 a 15 m². Desde este puesto debe controlarse el ingreso de los vehículos y verificarse la calidad del material a descargar. Debe realizarse un registro de entradas y salidas. Las características de construcción de esta instalación deben reunir condiciones estéticas y de confort adecuados, tanto para el personal que desempeña funciones en ella como para el que debe ingresar para descargar materiales.

Estación de pesaje. Debe ubicarse de tal manera que permita realizar las funciones eficientemente durante toda la operación del relleno. La dimensión de la caseta de

pesaje debe ser como mínimo de 10 m². Debe tener una superficie de dimensiones suficientes y una capacidad acorde para dar servicios a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga. Debe preverse una zona de espera para pesaje, ubicada dentro del cerco perimetral, ante las eventuales demoras que puedan producirse en la estación de pesaje por arribos simultáneos de vehículos recolectores que deben estacionarse ordenadamente. Deben instalarse al menos 2 básculas que puedan funcionar simultánea o alternadamente.

Almacén y oficinas. Debe construirse un almacén para guardar equipos, herramientas y materiales; su tamaño depende del equipo del que se disponga. El frente debe tener un patio de maniobras lo suficientemente grande para poder recibir los vehículos que descargarán los materiales, y contar con un área adicional destinada para el mantenimiento y limpieza de los equipos. Igualmente debe disponerse de un espacio para oficinas con instalaciones sanitarias y elementos necesarios para desarrollar las actividades con eficiencia.

Patio de maniobras. Debe prepararse una zona de aproximadamente 200 m² para que los vehículos recolectores puedan maniobrar y descargar los residuos sólidos en el frente de trabajo, la zona de trabajo será provisional y se instalará en forma progresiva al avance de disposición final y a las condiciones topográficas.

Área de emergencia. Esta área debe destinarse para la recepción de los residuos municipales, cuando las condiciones climatológicas no permitan la operación en el frente de trabajo. Debe contar con lonas plásticas para cubrir los residuos. Su capacidad debe ser suficiente para operar de manera ininterrumpida durante 3 meses. El terreno del área de emergencia debe estar impermeabilizado y en su protección deben realizarse, por lo menos, obras de drenaje pluvial temporal.

Servicios de obra. Deben resolverse las necesidades de provisión de servicios públicos, tarea que debe compatibilizarse con el uso futuro del sitio.

Valla publicitaria. Es necesario colocar un cartel de presentación de la obra en construcción. Este cartel debe contener una breve descripción del proyecto y una leyenda cívica. (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano, 2012, págs. 199-205)

2.3 Marco Legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.

La Constitución Política del Estado enumera y a la vez describe los derechos y garantías que el país tiene en materia ambiental y temas relacionados, del cual se presentan los artículos más relevantes:

Título I: De los Principios fundamentales. En el numeral 7 del Artículo 3, se menciona que es un deber patrimonial defender el patrimonio natural y cultural del país.

Título II: Capítulo 2: De los Derechos del Buen vivir. Artículo 14, Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Título II: Capítulo 6: De los Derechos de Libertad. En el numeral 27 del Artículo 66, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

2.3.2 Ley de Gestión Ambiental.

La ley de Gestión Ambiental establece los principios y directrices de política ambiental del Estado Ecuatoriano y determina las acciones que se deben ejecutar en cuestiones ambiente en general (Artículo 1).

Además, la ley establece la existencia de obligaciones que se deben cumplir en la gestión de los proyectos; la legislación analizada establecerá las funciones de Autoridad Ambiental al Ministerio del Ramo, que actuará como coordinador y regulador del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, esto sin prejuicios de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme a la ley lo regulan.

La misma Ley establece por primera vez en la legislación nacional, principios ejecutables de información y vigilancia ambiental, aplicando mecanismos de participación social para lograr un adecuado control de la contaminación ambiental y protección del ecosistema. A continuación, se presentan los artículos más relevantes sobre temas ambientales:

Art. 19. Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20. Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21. Los Sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base, evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos, planes de manejo, planes de manejo de riesgo, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación, auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos.

Art. 22. Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia

ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas.

La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental aprobados se le realizará mediante la auditoría ambiental, practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

Art. 23. La evaluación del impacto ambiental comprenderá: La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada. Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución. y, la incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Art. 25. La Contraloría General del Estado, podrá en cualquier momento, auditar los procedimientos de realización y aprobación de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, determinando la validez y eficacia de éstos, de acuerdo con la Ley y su Reglamento Especial.

También lo hará respecto de la eficiencia, efectividad y economía de los planes de prevención, control y mitigación de impactos negativos de los proyectos, obras o actividades. Igualmente podrá contratar a personas naturales o jurídicas privadas para realizar los procesos de auditoría de estudios de impacto ambiental.

Art. 26. En las contrataciones que, conforme a esta Ley deban contar con estudios de impacto ambiental los documentos precontractuales contendrán las especificaciones, parámetros, variables y características de esos estudios y establecerán la obligación de los contratistas de prevenir o mitigar los impactos

ambientales. Cuando se trate de concesiones, el contrato incluirá la correspondiente evaluación ambiental que establezca las condiciones ambientales existentes, los mecanismos para, de ser él.

Art. 27. La Contraloría General del Estado vigilará el cumplimiento de los sistemas de control aplicados a través de los reglamentos, métodos e instructivos impartidos por las distintas instituciones del Estado, para hacer efectiva la auditoría ambiental. De existir indicios de responsabilidad se procederá de acuerdo a la ley.

Art. 28. Toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental, a través de los mecanismos que para el efecto se establezcan.

Art. 29. Toda persona natural y jurídica tiene derecho a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad que pueda producir impactos ambientales. Para ello podrá formular peticiones y deducir acciones de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes.

Art. 39. Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y protección del medio ambiente, establecerán con Participación Social sistemas de monitoreo.

Art. 40. Toda persona natural o jurídica, que, en el curso de sus actividades empresariales o industriales estableciere que las mismas puedan producir o están produciendo daños ambientales está obligada a informar de ello al Ministerio del Ramo o a la entidad competente, para que sea ésta la que tome las medidas correspondientes a solucionar los problemas detectados.

Art. 41. Se concede el derecho a las personas naturales o jurídicas para denunciar la violación de normas de medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional.

Art. 42. Toda persona natural y jurídica o grupo humano, podrá ser oída en los procesos penales, civiles previa fianza de calumnia que se inicie por infracción de carácter ambiental, aunque no hayan sido vulnerados sus propios derechos. La Ley establece instrumentos de aplicación de las normas ambientales, entre los cuales se identifican los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones (que incluye a los monitoreos ambientales) y evaluaciones de impacto ambiental (Arts. 33 y 34).

2.3.3 Ley Orgánica de Régimen Municipal.

De acuerdo a la Autonomía Municipal que le atribuye la Ley Orgánica de Régimen Municipal en los Artículos 11, 14, numeral (16), 16, 143 y 149, se establecen funciones, responsabilidades y competencias con plena autonomía para proteger el medio físico cantonal, prevenir y controlar el deterioro de los recursos hídricos y regular las actividades productivas y de servicios que puedan afectar los sistemas ambientales para uso público.

La Ley Orgánica de Régimen Municipal, en los Arts. 16, 264, 265 y 267, establece plena autonomía y competencia a los Gobiernos Municipales para autorizar y conceder el uso de actividades productivas, agrícolas, de servicios, industriales y la explotación de materiales, canteras, en los ríos, lagos y lechos de las fuentes de agua, y prohibir acciones que constituyen un riesgo ambiental y que atenten contra la población y los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

2.3.4 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

La Ley contiene prohibiciones para las descargas directas de contaminantes al aire, agua y suelo, creados por las diferentes actividades que se realizan al ejecutar un

proyecto; los responsables de estas acciones están obligados a implementar tratamientos previos a las descargas (Arts. 1, 6,10 y 11).

Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA)

Art. 25. Del registro del promotor, Previamente a registrar cualquier proyecto, obra o actividad, el promotor deberá contar con un nombre de usuario y contraseña que le asignará el sistema SUIA, para lo cual deberá cumplir con todo el proceso de registro, en la página WEB del Ministerio del Ambiente. Una vez culminado el proceso de registro el sistema SUIA notificará al proponente en su dirección de correo electrónico si el proceso fue exitoso, y le asignará un nombre de usuario y contraseña. El proponente deberá registrarse en el SUIA por una sola vez, independientemente de los proyectos, obras o actividades que presente en el futuro.

Art. 26. Del registro del proyecto, obra o actividad. Todos los proyectos, obras o actividades, que generen impactos y riesgos ambientales, deberán regularizarse mediante el SUIA.

Art. 28. Del certificado de intersección. El certificado de intersección, es un documento electrónico, generado por el SUIA, a partir de coordenadas UTM datum: WGS84, 17S, en el que se indica que el proyecto, obra o actividad propuesto por el promotor interseca o no, con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bosques y Vegetación Protectora, Patrimonio Forestal del Estado, Zona Intangible Cuyabeno Imuya, Núcleo del Parque Nacional Yasuní y Zona de Amortiguamiento Núcleo Parque Nacional Yasuní y otras de alta prioridad. El certificado de intersección es un documento necesario y obligatorio para continuar con el proceso de registro de un proyecto, obra o actividad: sin la obtención del mismo, no se podrá continuar con el proceso de regularización ambiental.

Art. 39. De la categoría II (licencia ambiental categoría II). Dentro de esta categoría se encuentran catalogados los proyectos, obras o actividades cuyos impactos ambientales y/o riesgo ambiental, son considerados de bajo impacto. Todos los proyectos, obras o actividades catalogados dentro de esta categoría, deberán regularizarse ambientalmente a través de la obtención de una licencia ambiental, que será otorgada por la autoridad ambiental competente, mediante el SUIA.

Art. 44. De los objetivos de la ficha ambiental. Este documento técnico permite describir de manera general, el marco legal aplicable y las principales actividades de los proyectos, que, según la categorización ambiental nacional, son consideradas de bajo impacto, además en este se describe el efecto de las labores en los medios físicos, bióticos y socioeconómicos, y propone medidas para mitigar los posibles impactos ambientales a través de un plan de manejo ambiental.

2.3.5 Ley Orgánica de Salud.

Este documento señala en los Art. 95 y 96 respectivamente lo siguiente: “La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias” y “Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las frentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua”.

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Variables

Variable dependiente

- Caudal de líquidos lixiviados
- Volumen de desechos sólidos
- Área requerida para depositar los desechos sólidos

Variable independiente

- Incremento de la población
- Tasa per cápita
- Caracterización de los residuos sólidos

3.2 Métodos

La aplicación de estos métodos ayudará a las tareas de investigación para recolectar la mayor cantidad de información y la forma de estudiar los fenómenos encontrados durante el proceso investigativo.

3.2.1 Método Inductivo.

Permitirá llegar al descubrimiento de la verdad científica, partiendo del estudio de los elementos particulares para llegar a los generales del problema.

Caracterizando los residuos sólidos de una parte de la población, usando el método del cuarteo podremos conocer la composición de los residuos sólidos y su porcentaje para referenciarlos con los de toda la población.

3.2.2 Método Deductivo.

Conociendo las leyes generales y principios universales, se posibilitará el descubrimiento de la relación con los elementos de la investigación, detalla las particularidades de cada uno de los procesos y elementos que intervienen en la evaluación del sistema de gestión de residuos sólidos urbanos del Cantón Daule.

Calculando el área requerida para los desechos sólidos y el caudal de lixiviados podremos compararlo con el existente para evaluar el correcto funcionamiento del sistema actual del relleno sanitario.

3.2.3 Método Descriptivo.

Con este método se describe una situación y se la puede definir, como la caracterización de los residuos sólidos; también es de carácter cuantitativo ya que, por medio de los cálculos, se pueden definir o plantear soluciones, mediante las normas colombianas RAS.

3.3 Metodología

Realizar visita de campo al relleno sanitario actual

Recopilar información

Caracterizar los desechos sólidos urbanos del sector.

Calcular la población proyectada a 20 años

Calcular la tasa per cápita.

Determinar el volumen de basura

Calcular el área requerida para colocar los desechos y compararla con la existente.

Dimensionar las celdas diarias

Calcular el caudal de líquidos lixiviados

Dimensionar los drenes para líquidos lixiviados

3.5 Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INSTRUMENTO DE MEDICION
Caudal de lixiviado	Se denomina lixiviado al líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido.	Método Suizo $Q_{lix} = \frac{P * A * k}{t}$
Volumen de desechos solidos	Los desechos sólidos son conocidos comúnmente como basura.	Residuos sólidos compactados + material de cobertura
Área requerida para depositar los desechos solidos	Es el área requerida para la disposición final de los residuos sólidos.	Volumen anual del relleno/ altura del relleno
Incremento de la población	Se refiere al aumento en el número de personas establecidas en una zona por unidad de tiempo para su cálculo	Método geométrico $P_f = P_a(1 + r)^T$
Tasa per cápita	Es un indicador económico que mide la relación existente entre el nivel de renta de un país y su población.	Cobertura del servicio por la población.
Caracterización de los residuos solidos	Consiste en determinar la composición de un residuo en diferentes fracciones, mediante éstas, se puede conocer con detalle qué se está depositando en el relleno sanitario.	Método del cuarteo

Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

Capítulo IV

Desarrollo

4.1 Proyección de la Población

Tabla 2: Datos poblacionales del Cantón Daule

PARROQUIA	POBLACIÓN		
	HOMBRE	MUJER	TOTAL
DAULE	43,372	44,136	87,508
JUAN BAUTISTA AGUIRRE	2,825	2,677	5,502
LAUREL	5,093	4,789	9,882
LIMONAL	4,497	4,277	8,774
LOS LOJAS	4,408	4,252	8,660
TOTAL	60,195	60,131	120,326

Fuente: (INEC, 2010)

Método geométrico

Este método corresponde a poblaciones biológicas en expansión para el cual se toma una tasa de crecimiento constante y presupone que el aumento de la población se produce en forma analógica del aumento de una cantidad colocada a interés compuesto.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$P_f = P_a(1 + r)^T$$

En donde:

Pf = Población Futura (hab)

Pa = Población Actual (hab)

r = Tasa de crecimiento anual (%)

T = Período (años)

Después del censo del INEC 2010 se pueden hacer proyecciones de población asumiendo un índice de crecimiento poblacional del 1,699 % anual (dato estadístico

determinado por los tres últimos censos realizados en el país y determinado para el cantón Daule).

Tabla 3: Índice de crecimiento poblacional del Cantón Daule

Índice de Crecimiento Poblacional del Cantón Daule 1990 - 2001 – 2010	Masculina	Femenina	Total	% de Crecimiento (90-01)		% de Crecimiento (01-10)		% de Crecimiento Promedio por Década	
Población Total 1990	47469,00	44411,00	91880,00	Masculino	-8,56	Masculino	38,68	Masculino	15,06
Población Total 2001	43406,00	41742,00	85148,00	Femenino	-6,01	Femenino	44,05	Femenino	19,02
Población Total 2010	60195,00	60131,00	120326,00	Total	-7,33	Total	41,31	Total	16,99

Fuente: (INEC, 2010)

A continuación, se presenta la tabla de proyección de crecimiento poblacional de los habitantes de Daule hasta el 2039.

Tabla 4: Proyección de la Población

AÑO	#	POBLACIÓN
		(hab)
2019	0	140026
2020	1	142405
2021	2	144825
2022	3	147285
2023	4	149788
2024	5	152333
2025	6	154921
2026	7	157553
2027	8	160230
2028	9	162952
2029	10	165721
2030	11	168536
2031	12	171400
2032	13	174312
2033	14	177273
2034	15	180285
2035	16	183348
2036	17	186463
2037	18	189631
2038	19	192853
2039	20	196130

Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.2 Producción Per Cápita de Residuos Sólidos

La tasa de generación de residuos sólidos o tasa per cápita, se ha determinado mediante el cálculo del peso y volumen de residuos recogidos el último año en el Cantón Daule, tomando en cuenta un 90,54% de cobertura del servicio y la capacidad y viajes de los recolectores de basura. Se estima que el crecimiento de generación de basura es del 1 % anual en base a estudios del BID.

$$0,9054 \times 140026 = 126779 \text{ habitantes cubiertos con el servicio de recolección.}$$

$$94,88 \text{ ton/día} \times 1000 \text{ kg/ton} / 126779 \text{ hab} = 0,75 \text{ kg/hab*día}$$

Tabla 5: Proyección de la producción per cápita desde el año 2019

AÑO	POBLACIÓN	TASA PER	CANTIDAD DE
	(hab)	CAPITA	BASURA
		(Kg/hab/día)	(Kg/día)
2019	140026	0.75	104793
2020	142405	0.76	107998
2021	144825	0.77	111281
2022	147285	0.78	114645
2023	149788	0.79	118090
2024	152333	0.80	121620
2025	154921	0.81	125236
2026	157553	0.82	128939
2027	160230	0.83	132732
2028	162952	0.84	136616
2029	165721	0.85	140595
2030	168536	0.86	144669
2031	171400	0.87	148841
2032	174312	0.88	153113
2033	177273	0.89	157487
2034	180285	0.90	161965
2035	183348	0.91	166551
2036	186463	0.92	171245
2037	189631	0.93	176051
2038	192853	0.94	180970
2039	196130	0.95	186006

Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.3 Caracterización de los Residuos Sólidos

Para caracterizar los residuos sólidos del cantón Daule utilizamos el método del cuarteo, que consiste en lo siguiente:

Se utilizará la muestra de un día; los residuos se pondrán en una zona plana y sobre un plástico grande.

Se rasgan las fundas de basura y se vierten los desechos formando un montón, se divide el montón en cuatro partes y se escogerán las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. Se vuelve a mezclar la muestra menor y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogerán dos partes opuestas y se formará otra

muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra aproximada de 50 kg de basura.

Los residuos recolectados en el cantón Daule y que llegan al botadero son mixtos, o sea que no hay ninguna discriminación en su recolección, sin embargo, debe aclararse que, durante la caracterización de los residuos, los materiales inservibles, peligrosos y/o especiales se dejaron como “otros”.

Tabla 6: Cantidad de desechos producidos en Ton/Día en el Cantón Daule.

Desechos Putrescibles	Plástico	Metálicos	Cartón / Papel	Vidrio	Restos
71.61%	14.53%	0.77%	7.48%	2.20%	3.40%
67.12 Ton/día	13.62 Ton/día	0.72 Ton/día	7.01 Ton/día	2.06 Ton/día	3.18 Ton/día

Fuente: (PDOT, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Daule, 2015-2025)

4.4 Calculo de Volumen y Área Requerida

Los requerimientos para el cálculo de la celda diaria están en función de la producción diaria de desechos sólidos municipales y la densidad de los desechos sólidos recién compactados, con estos datos se obtiene el volumen diario y anual.

Generación diaria:

Tasa per cápita: 0,75 kg basura/hab x día

Población: 140.026 habitantes

105020 kg basura/día = 105.02 T/día

Generación Anual:

105.02 T/día = 38.332 T/año

Residuos sólidos compactados inicialmente:

Se los lleva a: 600 kg/m³

Diario: 175.03 m³/día

Anual: 63.886 m³/año

Material de cobertura representa el 20 % de los residuos sólidos que es necesario añadir

Diario: 35,01 m³/día

Anual: 12.777 m³/año

Residuos sólidos estabilizados

Llevar los residuos a 800 Kg/m³

Anual: 47.915 m³/año

Volumen anual del relleno:

Residuos sólidos compactados + material de cobertura: 60.693 m³

Altura del relleno (plataforma) = 5 m

Área Total:

Volumen anual del relleno/ altura del relleno

El primer año se necesitará 12138.50 m² o 1.21 Ha.

Tabla 7: Volumen y área necesaria para 20 años de vida útil del Nuevo Relleno Sanitario de Daule

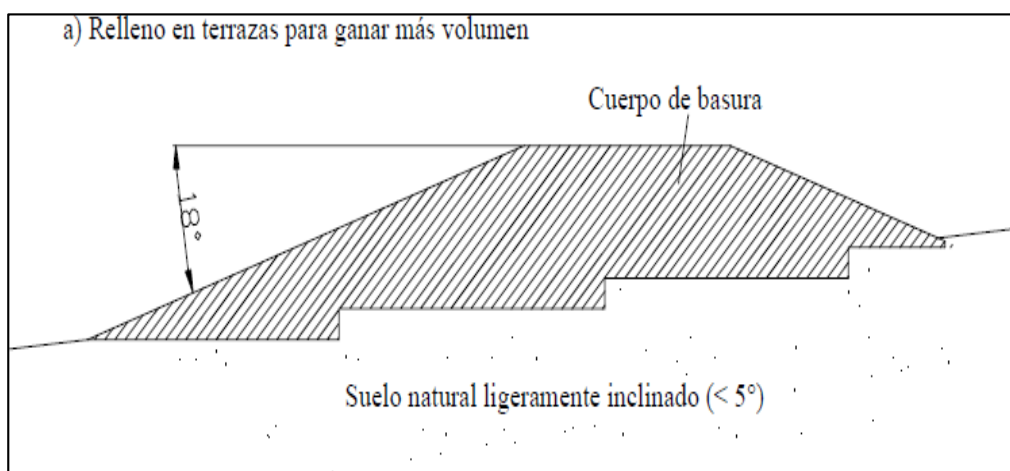
Año	Población (Hab)	Tasa per cápita (Kg/hab/día)	Cantidad de residuos sólidos			Volumen							Área requerida	
			Diaria (kg/día)	Anual (T/Año)	Acumulado (T)	Residuos sólidos compactados		Material de cobertura		Residuos sólidos estabilizados (m3/Año)	Relleno Sanitario		Área de relleno (m2)	Área total (m2)
						Diario (m3/día)	Anual (m3/Año)	Diario (m3/día)	Anual (m3/Año)		Volumen relleno sanitario (m3/Año)	Volumen acumulado (m3)		
2019	140026	0.75	105020	38332	38332	175.03	63886.86	35.01	12777.37	47915	60693	60693	12138.50	15780.06
2020	142405	0.76	108228	39503	77835	180.38	65838.58	36.08	13167.72	49379	62547	123239	24647.83	32042.18
2021	144825	0.77	111515	40703	118538	185.86	67838.44	37.17	13567.69	50879	64447	187686	37537.14	48798.28
2022	147285	0.78	114882	41932	160470	191.47	69886.73	38.29	13977.35	52415	66392	254078	50815.62	66060.30
2023	149788	0.79	118333	43191	203662	197.22	71985.62	39.44	14397.12	53989	68386	322464	64492.88	83840.75
2024	152333	0.8	121866	44481	248143	203.11	74135.39	40.62	14827.08	55602	70429	392893	78578.61	102152.19
2025	154921	0.81	125486	45802	293945	209.14	76337.32	41.83	15267.46	57253	72520	465414	93082.70	121007.51
2026	157553	0.82	129193	47156	341101	215.32	78592.69	43.06	15718.54	58945	74663	540077	108015.31	140419.90
2027	160230	0.83	132991	48542	389643	221.65	80902.80	44.33	16180.56	60677	76858	616934	123386.84	160402.90
2028	162952	0.84	136880	49961	439604	228.13	83268.47	45.63	16653.69	62451	79105	696039	139207.85	180970.21
2029	165721	0.85	140863	51415	491019	234.77	85691.57	46.95	17138.31	64269	81407	777446	155489.25	202136.03
2030	168536	0.86	144941	52903	543922	241.57	88172.42	48.31	17634.48	66129	83764	861210	172242.01	223914.61
2031	171400	0.87	149118	54428	598350	248.53	90713.45	49.71	18142.69	68035	86178	947388	189477.56	246320.83
2032	174312	0.88	153395	55989	654339	255.66	93315.02	51.13	18663.00	69986	88649	1036037	207207.42	269369.65
2033	177273	0.89	157773	57587	711926	262.95	95978.56	52.59	19195.71	71984	91180	1127217	225443.35	293076.35
2034	180285	0.9	162257	59224	771150	270.43	98706.04	54.09	19741.21	74030	93771	1220987	244197.49	317456.74
2035	183348	0.91	166847	60899	832049	278.08	101498.40	55.62	20299.68	76124	96423	1317411	263482.19	342526.84
2036	186463	0.92	171546	62614	894663	285.91	104357.13	57.18	20871.43	78268	99139	1416550	283310.04	368303.05
2037	189631	0.93	176357	64370	959034	293.93	107283.74	58.79	21456.75	80463	101920	1518470	303693.95	394802.14
2038	192853	0.94	181282	66168	1025201	302.14	110279.77	60.43	22055.95	82710	104766	1623236	324647.11	422041.24
2039	196130	0.95	186324	68008	1093209	310.54	113346.80	62.11	22669.36	85010	107679	1730915	346183.00	450037.90

Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.5 Estabilidad de Taludes

Tomando los parámetros de diseño de las normas (RAS), para la conformación de los taludes en niveles de 1.0 hasta 5.0 m de altura (espesor), incluida la cobertura intermedia, los taludes de acabado tengan una relación 1V:3H ó 1V:2.5H, asegurando así la estabilidad estructural necesaria.

Ilustración 1: Talud Cuerpo de basura



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.6 Dimensiones de Celda Diaria

Para calcular la celda diaria o unitaria del relleno, se utiliza el volumen de basura del día pico o de máxima producción de basura durante una semana típica en la ciudad de Daule. Adicionalmente deben tomarse en cuenta ciertos parámetros como:

Número de vehículos de recolección: 2 vehículos

Tipo de descarga: Manual

Tiempo promedio de descarga: 15 min Simultaneidad de descarga: 2 vehículos

Ancho del vehículo: 2,5 m

Ancho de la mini cargadora: 1,70 m

Para el año inicial de operación del nuevo relleno, es decir el año 2020, la celda diaria o unitaria tiene un volumen total de 162.345 m³/día, en el que se incluyen 135,285 m³ de basura, y 27.06 m³ de material de cobertura, que equivale al 20 % del peso de los residuos sólidos. Si decimos que cada plataforma tiene dos pisos, y cada uno de 5m de alto, entonces cada celda unitaria tendrá la altura de 5 m, asumiendo un ancho de celda de 8m.

Sus dimensiones entonces serán:

$$\text{Largo de la celda} = \frac{162.345}{8 \times 5} = 4,06$$

Área de la celda tipo = Largo de celda X Ancho de celda

$$\text{Área de la celda tipo} = 4,06 \times 8 = 32,48 \text{ m}^2.$$

La celda tipo se establecerá en 36 m² con el fin de darle un mayor frente de trabajo y donde puedan descargar hasta dos camiones a la vez.

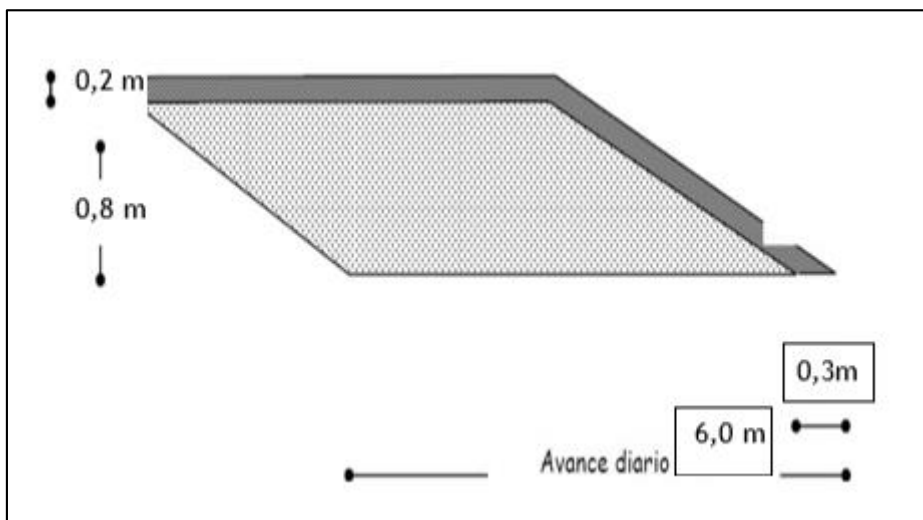
Dimensiones de celda tipo:

Largo: 6,0 m

Ancho: 6,0 m

Alto: 5 m

El talud de acabado final de cada celda diaria será de 1V:1H, es decir 10,0 m de alto y 10,0 m de desarrollo horizontal, lo que garantizará la estabilidad estructural.

Ilustración 2: Corte de celda tipo

Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

La altura total de la celda es de 5,0 m, e incluye: 4,7 m de altura de basura, y una capa de 0,3 m de material de cobertura. Las capas de basura de 1m de alto cada una se irá compactando con el material de cobertura hasta alcanzar una densidad mínima de 800 kg/m³ y la altura establecida de 5,0 m., la última capa que cubre superficialmente y por arriba la masa de basura una vez conformada y compactada, tendrá un espesor de 0,30 m.

Se indica que la celda de operación diaria es un sistema dinámico, que cambiará conforme cambie la situación de recolección y separación de los desechos, la topografía del sitio a disponer.

Para descargar 2 camiones de recolección a la vez de hasta 2.50 m de ancho cada uno, separados por 1,50 m de espaciado entre los vehículos, el frente de trabajo calculado para la celda unitaria entonces sería de 7,0 m, pero se puede extender o maniobrar de acuerdo a la posición de la celda en la plataforma

4.6.1 Tipo de Celdas.

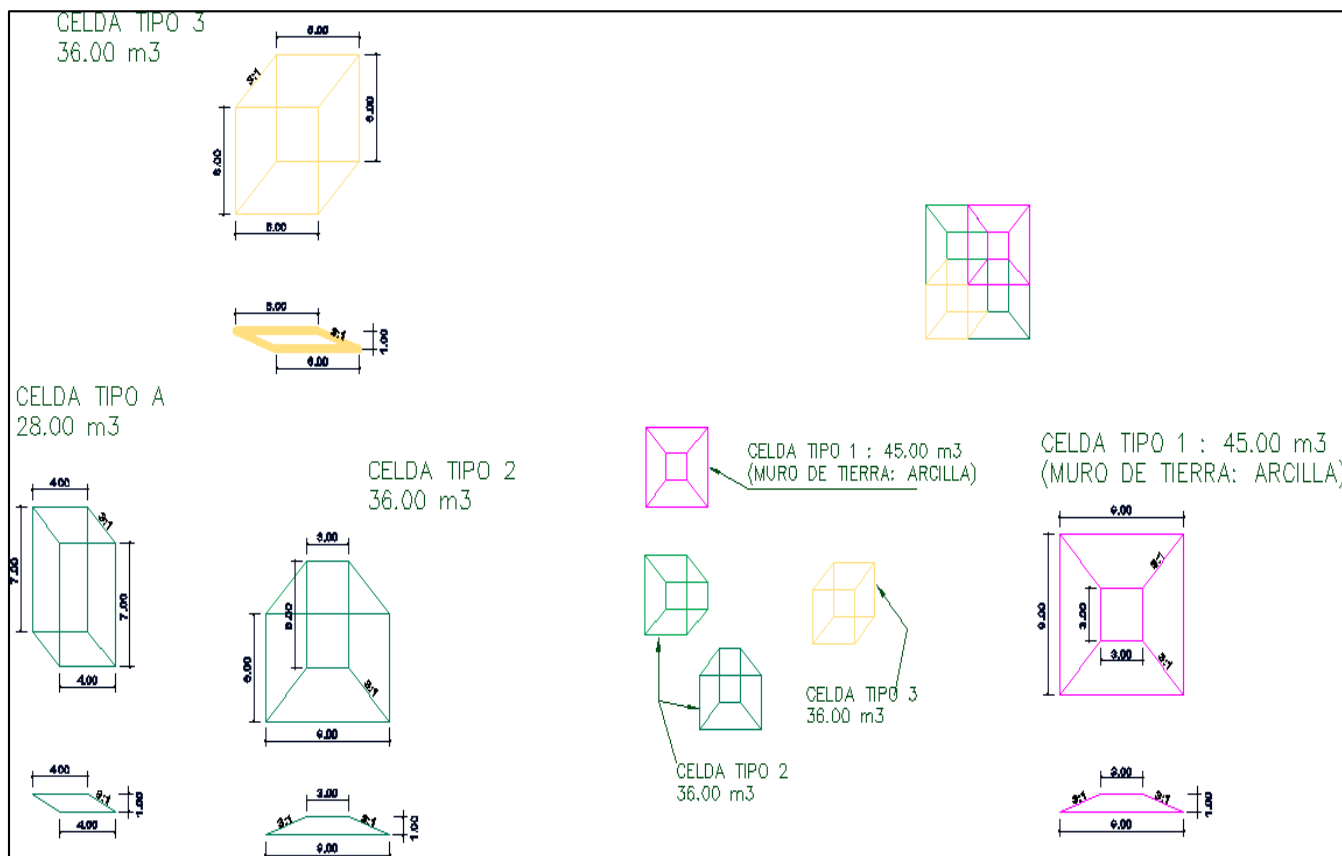
Realmente la celda diaria es solo un esquema de trabajo, ya que las celdas reales deben acomodarse a la topografía del terreno, así es posible que haya celdas de 6 x 6 en el centro, de 4 x 7 en los extremos de acuerdo al talud, y de 5 x 9 en las esquinas.

Celdas tipo 1: 45 m³ (9,0 m x 5,0 m) en las esquinas.

Celdas tipo 2 y 3: 36 m³ (6,0 m x 6,0 m) en el centro.

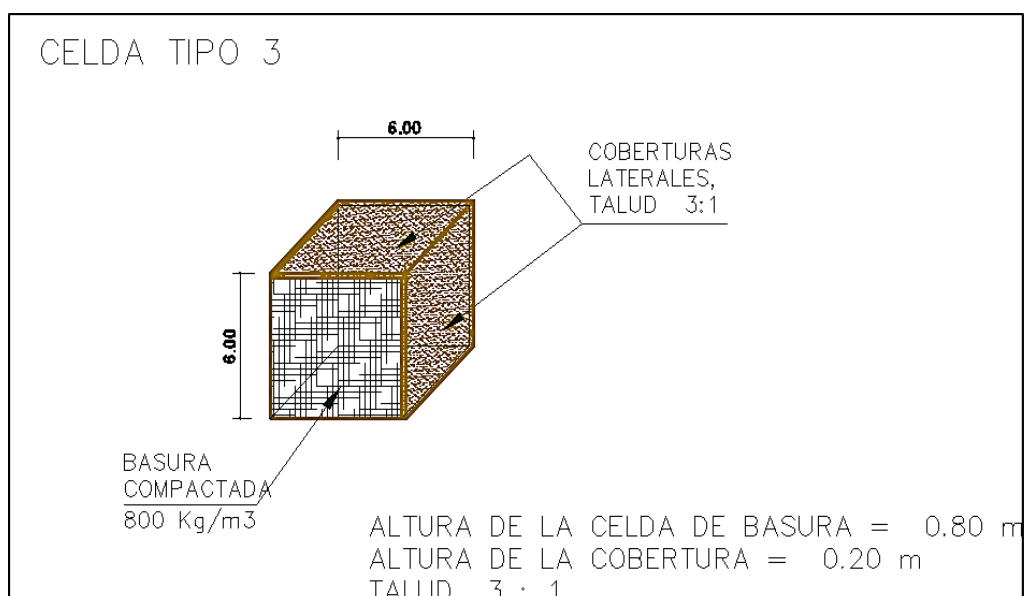
Celdas tipo A: 28 m³ (7,0 x 4,0 m) en los extremos.

Ilustración 3: Diseño de las celdas tipo 1,2,3, y A



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

Ilustración 4: Detalle de cobertura de celda tipo 3 de 36 m³



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

Coberturas laterales talud 3:1 (H: V)

Basura 0.8 m y cobertura 0,2 m

El talud de acabado final de cada celda diaria será de 1V:1H, es decir 10,0 m de alto y 10,0 m de desarrollo horizontal, lo que garantizará la estabilidad estructural del relleno.

4.6.2 Determinación de Terrazas o Plataformas.

Para el volumen de desechos generados en 20 años se necesitaría 45 has, por lo que se propone hacer 3 terrazas o plataformas con una altura de 10 m.

Las áreas establecidas están dadas por la longitud horizontal del terreno y el ancho promedio de cada terraza.

Terraza o Plataforma 1

Dimensiones:

Longitud 450 m

Ancho medio: 402.15 m

Área: 180967,5 m²

Cota inferior: +8,00 m hasta cota superior: +18,00 m

Terraza o Plataforma 2

Dimensiones:

Longitud 450 m

Ancho medio: 303.20 m

Área: 136440 m²

Cota inferior: + 18,0 m hasta cota superior + 28,0 m

Terraza o Plataforma 3

Dimensiones:

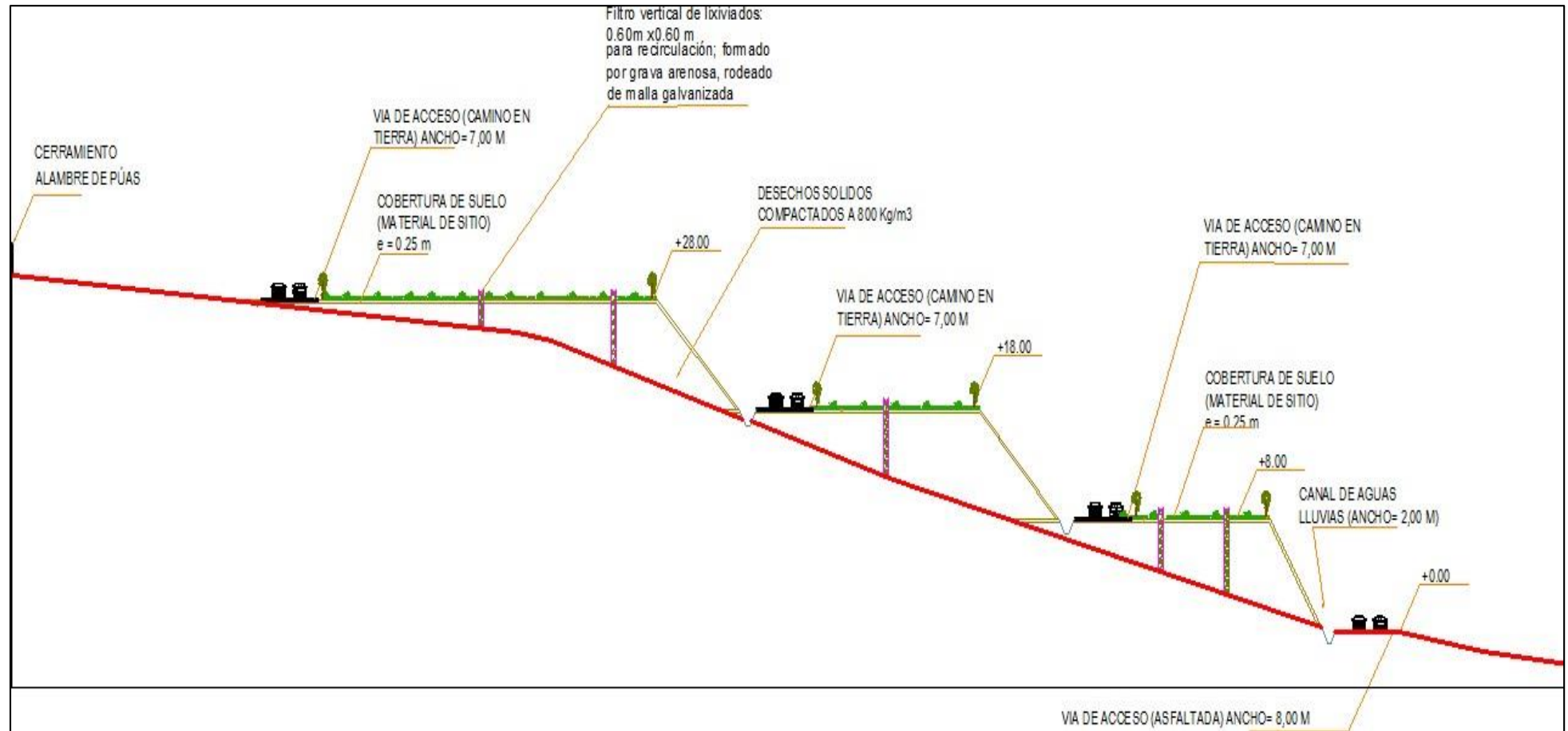
Longitud: 450 m

Ancho medio: 294.5 m

Área: 132,525 m²

Cota inferior: +28,0 m hasta cota superior +38,0 m Las áreas totales de las terrazas suman en promedio: 450.004 m² = 45 has

Ilustración 5: Vista de perfil de las celdas en el Nuevo Relleno Sanitario



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.6.2.1 Dimensiones de Terrazas o Plataformas.

Para la conformación de las plataformas:

1 (450 x 402,15) 2 (450 x 303,20) 3 (450 x 294,5)

Cada una mantendrá una altura de 5 m hasta alcanzar los 30 metros en total y llegar a la cota +38, en la parte más alta del terreno, se empieza en la cota +8 para lo cual a su vez se conformarán plataformas de 10 m con sus respectivas bermas y taludes.

Como criterios básicos de diseño geométrico se han tomado recomendaciones y criterios técnicos de amplia utilización en la bibliografía especializada.

Pendiente de la base del relleno: 2 a 3%

Altura de la celda diaria: 0,80 m

Capa de cobertura diaria: 0,20 m

Altura total de la celda diaria: 1,0 m

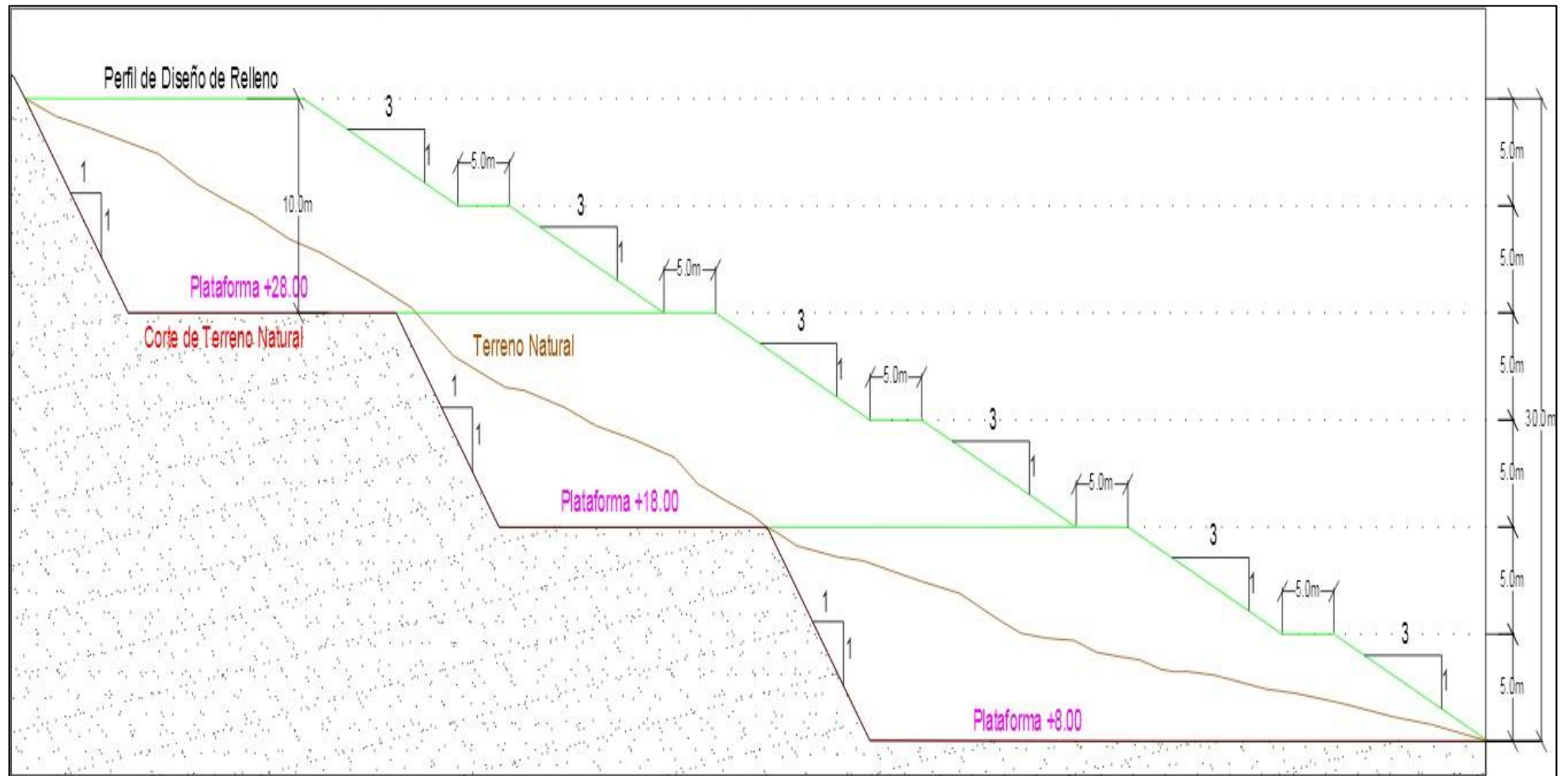
Talud frontal de la celda de disposición: 3 a 1 (H:V), 18°

Talud lateral de la celda de disposición. 3 a 1 (H:V), 18°

Compactación contra taludes naturales del terreno, esto es el relleno avanzará desde los taludes hacia el borde del relleno.

En la figura, la línea verde representa el terreno natural, la línea azul la altura de elevación de cada terraza o plataforma, cada 5 m de alto habrá una berma de 5m de ancho, por lo que podríamos decir que cada plataforma contendrá dos pisos de celdas, cada piso de 5 m de altura.

Ilustración 6: Perfil de diseño del Relleno Sanitario en Yolán



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.7 Cálculo del Caudal de Lixiviado

4.7.1 Recolección de Lixiviados.

Se deberán localizar los sitios donde se ubicarán los filtros o canales para los lixiviados, además se diseñarán y construirán los mismos, para que los lixiviados por gravedad se dirijan hacia las partes bajas, y luego a su tratamiento como paso previo a su disposición final.

4.7.2 Medición del Caudal de Lixiviados.

Para calcular el caudal de lixiviados se aplicará el **(Método Suizo**, permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o líquido percolado mediante la ecuación).

$$Q_{lix} = \frac{P * A * k}{t}$$

Donde:

P = Precipitación: 1174 mm x 1m/1000mm = 1,174

E = Evaporación: 1417 mm

A = Área del relleno: 125.168 m²

t = Tiempo de 1 año en segundos. 31'536.000 s

K= Coeficiente de infiltración (en función del grado de compactación= 0.25)

$$Q_{lix} = \frac{1,174m/año * 125168 m^2 * 0.25}{31536000 s/año}$$

$$Q_{lix} = 0.00116491 m^3/s$$

$$Q_{lix} = 1,165 L/s$$

$$Q_{lix} = 100,70 m^3/día$$

4.7.3 Cálculo de los Drenes de Percolado.

Se utiliza el método de Wilkins, usualmente utilizado para diseño de canales con medio granular en su interior.

La ecuación de Wilkins, considera la pendiente media del dren, y la porosidad del medio granular, es la siguiente:

$$V = 53,45 \times P \times Rh^{0,5} \times J^{0,25}$$

Donde:

V: Velocidad media de flujo, en cm/s,

P: Porosidad del medio granular, variable entre 0.40 y 0.50

Rh: Radio hidráulico del medio granular, en cm

J: Pendiente del dren, en m/m 0,02

Para el cálculo de las dimensiones de los drenes se utilizó las siguientes formulas

Radio hidráulico

$$Rh = \frac{(P * D_s)}{6(1 - P)}$$

Donde:

Rh: radio hidráulico, en cm

Ds: Diámetro promedio del material granular

P: Porosidad del medio granular (entre 0.40 y 0.50)

Asumiendo que el diámetro promedio de material granular (Ds), es de 6.0 cm, entonces:

$$Rh = \frac{(0,45 * 6)}{6(1 - 0,45)}$$

$$Rh = 0,82 \text{ Cm}$$

Velocidad media del percolado

$$V = 53,45 \times P \times Rh^{0,5} \times J^{0,25}$$

$$V = 53,45 \times 0,45 \times (0,82)^{0,5} \times (0,02)^{0,25}$$

$$V = 8,19 \text{ Cm/s}$$

$$V = 0,0819 \text{ m/s}$$

El área del dren será:

$$A = Q / V$$

$$A = 0,001165 \text{ m}^3/\text{s} / 0.0819 \text{ m/s}$$

$$A = 0.0142 \text{ m}^2$$

El área del dren será de 0.0142 m², o 142 cm² (equivalente a una sección cuadrada de: 12 cm X 12 cm)

Este dren resultante, de sección cuadrada de 142 cm² en la práctica es muy pequeño, y constructivamente difícil de elaborarlo, por lo que es conveniente instalar un dren de mayor sección.

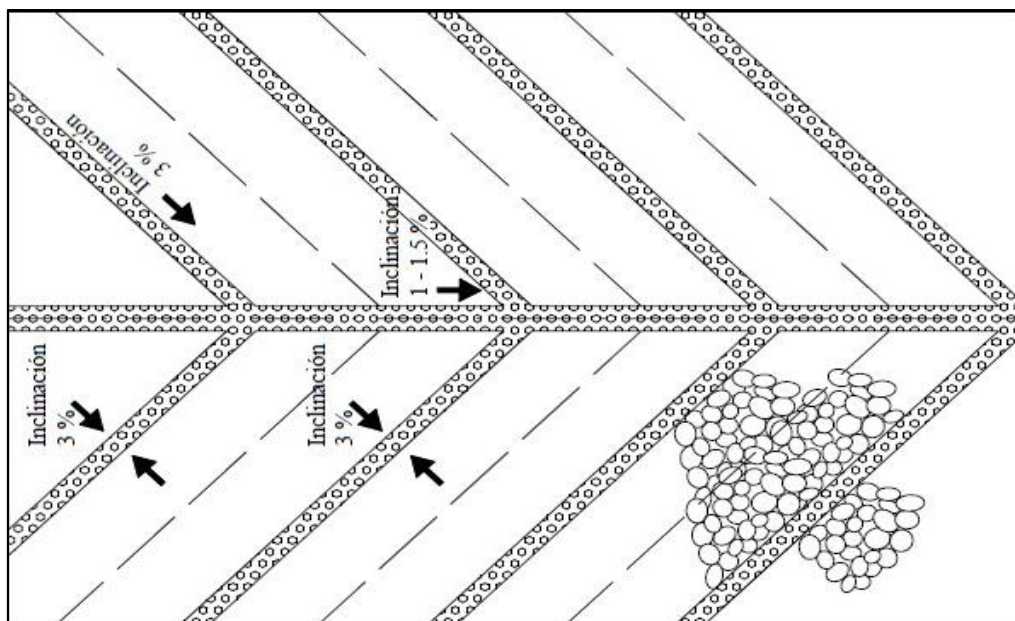
Debido al área mínima se considera una tubería de menor diámetro ya que esta compensa la capacidad de drenaje del lixiviado 1,16 l/s.

$$\text{Capacidad requerida de tubería} = 0,0142 \text{ m}^2$$

Capacidad requerida de tubería $0,0142 \text{ m}^2 \leq 0,0201$, por lo que se considera colocar tubería de 160 mm, para los drenajes principales y como esta tubería irá colocada dentro de los drenes principales como tubo colector de lixiviado (tubo PVC 160 mm) el área efectiva del dren será de 0,36 m²

Este drenaje será entonces de sección cuadrada, de 60 cm x 60 cm de lado, contendrá una grava de un diámetro promedio de 6 cm, o piedra bola, el suelo compactado con un espesor de 0,20 m y llevará como protección membrana HDPE de 1 mm, la pendiente media del dren será del 0.2%.

Ilustración 7: Sistema de drenaje tipo espina de pescado

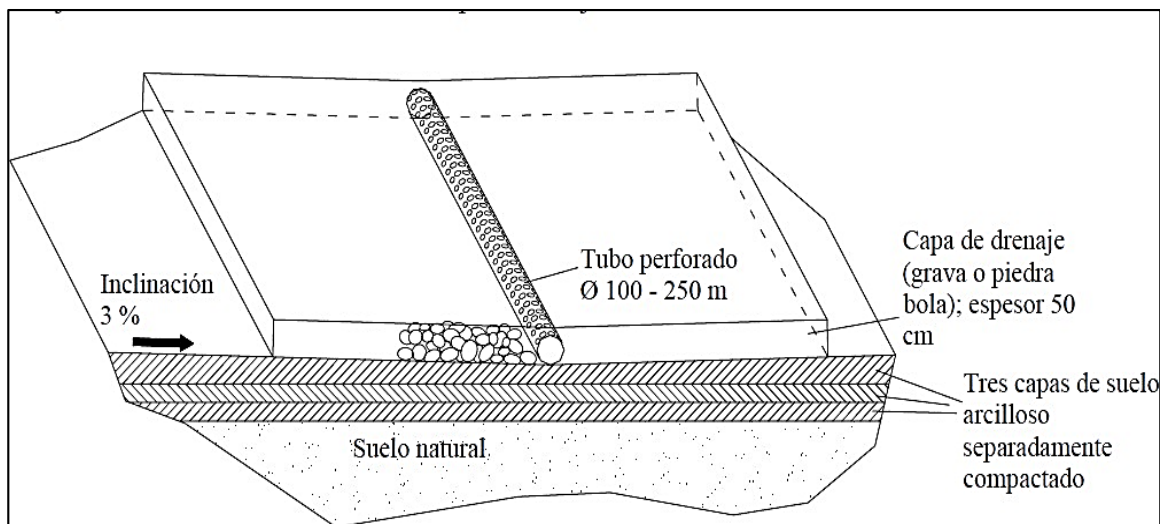


Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

El diámetro de los huecos en la tubería se debe determinar según las dimensiones de la grava o piedra bola seleccionada. Hay que evitar que entren piedras dentro de la tubería y la congestionen.

El área total de orificios tiene que ser superior a 100 cm²/m de tubo. Eso corresponde a orificios con un diámetro de 1 cm y una distancia entre ellos de 2.5 cm. Es recomendable utilizar plástico reciclado con el fin de bajar los costos.

Ilustración 8: El tubo perforado dentro de la capa de drenaje



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

Se instalarán drenajes secundarios y un colector principal implementado los primeros a menor distancia, que cuando se tiene el lecho filtrante, por lo que se instalarán cada 20 m con el fin de garantizar un adecuado drenaje de lixiviados. A la salida de la celda se ubicará una tubería sin perforación de PVC de 3". $S = 0,2 \%$ por el lado interno y $S = 0,3 \%$ por el lado externo.

4.7.4 Cálculo de los Drenes de Aguas Lluvia.

Los canales de aguas lluvias, tendrán forma trapezoidal con 0,60 m de base inferior y 1,80 m superior, una altura de 0,60 m, estarán recubiertos con geomembrana HDPE de $e = 1 \text{ mm}$ y pendiente 1:1.

Para la determinación de los caudales de aguas lluvias para el proyecto se utilizó la fórmula del Método Racional, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Q = 2.78 C \cdot I \cdot A$$

En donde:

Q = Caudal de diseño en, l/s

C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de la lluvia máxima en, mm/h

A = Área de aportación

Coeficiente de transformación.

Dimensionamiento

Para el dimensionamiento hidráulico de los canales y canaletas, se aplica las fórmulas hidráulicas universales de Continuidad y de Manning, que se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

$$Q = A \cdot V$$

$$V = (1/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

En donde:

Q = Caudal de descarga en el canal o conducto, en l/s

A = Área o sección transversal del conducto, en m^2

V = Velocidad media del agua, en m/s

R_h = Radio Hidráulico, en m.

S = Pendiente de instalación del conducto.

n = Coeficiente de rugosidad del conducto.

Relacionando estos 2 modelos matemáticos se obtiene que:

$$Q / A = 1/n R_h^{2/3} S^{1/2}$$

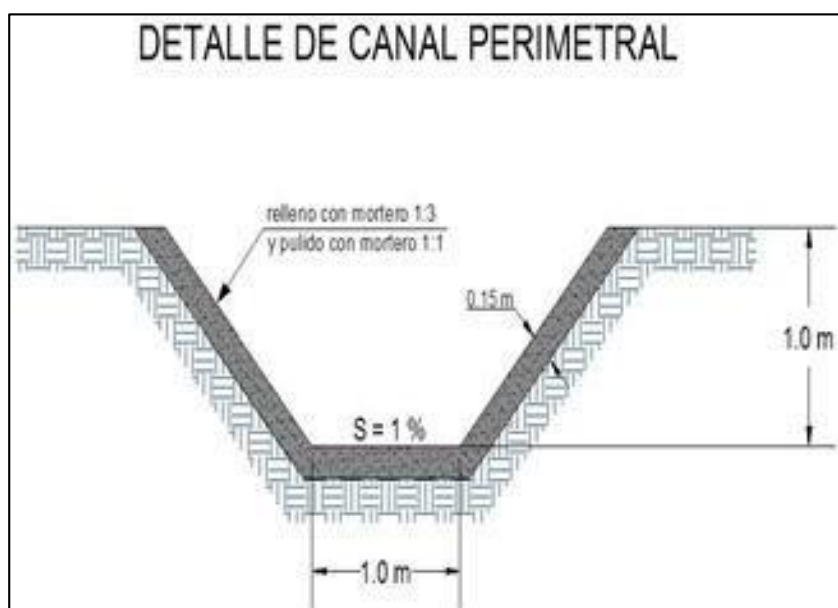
$R_h^{2/3}$ Módulo de la sección. - Forma que va a tener el canal.

El valor del coeficiente de rugosidad n utilizado en los cálculos hidráulicos es de 0.014, correspondientes a las superficies de hormigón. Se ha considerado en el canal de drenaje principal Trapezoidal un borde libre mínimo de 0.30 m. (sugerencia) según recomiendan las Normas de diseño y a su vez se tomó en cuenta como dato los

taludes recomendables en este caso serán de 1:1, con una pendiente mínima del 0.5 0/00.

En el siguiente gráfico se detallan las características de flujo uniforme de un canal abierto trapezoidal:

Ilustración 9: Detalle del canal de drenaje perimetral de Aguas Lluvias y del canal de coronación



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

4.7.4 Planteamiento para el Tratamiento de los Líquidos Lixiviados.

Se propone un sistema de tratamiento de lixiviados consistente de: una piscina colectora de lixiviados con las dimensiones siguientes: 20 m de largo por 10m de ancho de área superior, una altura de 2 m y de base inferior: 16 x 6m. Tendrá forma trapezoidal con base rectangular, estará recubierta con geomembrana de $e = 1$ mm HDPE, tendrá un volumen aproximado de 290 m³, suficiente para coleccionar y almacenar en caso de ser necesario, el lixiviado que podría generarse cuando el relleno sanitario esté en plena operación (100,70 m³/día).

4.7.4.1 Evaporación de Lixiviados.

Es un tratamiento sencillo para los líquidos lixiviados, las piscinas serán recubiertas de geomembrana para la evaporación de lixiviados por medio de la luz solar.

El lixiviado que no se evapora se riega por encima de las celdas diarias completas del relleno sanitario.

Se puede incluso aprovechar la energía que se tiene en el biogás del relleno sanitario en evaporar el lixiviado por calentamiento. 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. (Eugenio Giraldo, Néstor D. Soler, 2008)

4.8 Gases

4.8.1 Componentes del Biogás.

La estabilización biológica de la fracción orgánica de los residuos sólidos produce también diferentes gases orgánicos de distintos procesos, con productos y subproductos volátiles.

Este gas en la fase conocida como metanogénica se compone de metano, bióxido de carbono, gas sulfhídrico, y otros, en diferentes concentraciones, dependiendo de varias variables. Una concentración ilustrativa del biogás presente en un relleno sanitario es la siguiente:

Tabla 8: Componentes del biogás de un relleno sanitario

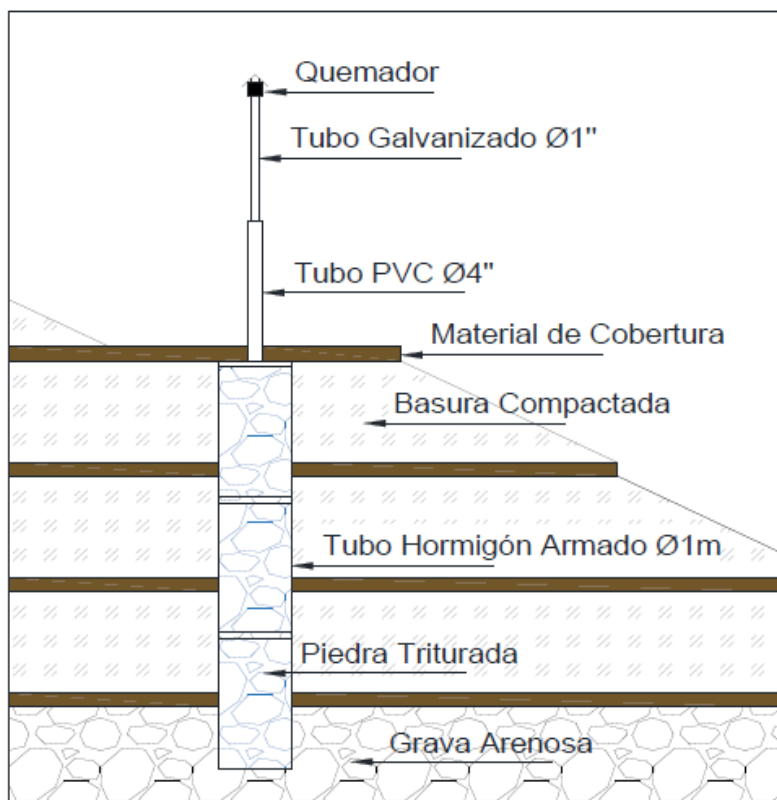
Componente	Porcentaje (base volumen seco)
Metano	45-60
CO ₂	20-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0.1-1.0
Amoniaco	0.1-1.0
CO	0-0.2
Sulfuros, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1.0
Constituyentes en cantidades traza	0.01-0.6

Fuente: (Tchobanoglous, 1990)

4.8.2 Chimeneas para el Control de Gases.

Para manejar este gas se diseña un sistema de ventilación de tuberías de hormigón armado, el mismo que funcionará a manera de chimenea, cuyas dimensiones son de 1m de diámetro y 2m de altura, en el interior se agregará piedras (Φ 10-20 cm). Se colocará un tubo PVC Φ 4" perforado cada 0.1 m, un tubo galvanizado Φ 1" y un quemador, estas chimeneas estarán cada 25 metros de distancia entre una y otra, se construirán a medida que avanza la construcción del relleno sanitario. En la siguiente figura se muestra la chimenea.

Ilustración 10: Detalle de la chimenea



Elaborado por: María Hormiga y Jessica Vera

Las chimeneas serán independientes del sistema de drenaje de lixiviados, para evitar que estas sirvan de medio adicional para la entrada de agua lluvia.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se caracterizó los desechos sólidos urbanos del Cantón Daule utilizando el método del cuarteo en donde obtuvimos que el 71,61% de los desechos son putrescibles u orgánico, y el 2,20% es vidrio.
- Calculamos la población proyectada a 20 años con el método geométrico y la población al 2039 es de 196130 hab, determinamos la tasa per cápita para Daule y es de 0,75 kg/hab*día.
- El área requerida para un periodo de 20 años es de 180967,5 m², y el área del relleno actual es de 125168m² y está en funcionamiento una celda emergente con un área de 9728,14m² la cual está por terminar su vida útil.
- Determinamos el caudal de líquidos lixiviados utilizando el método suizo y obtuvimos que es de 100,70 m³/día.

Concluimos con la evaluación del sistema de disposición final, corroborando que en el relleno sanitario del Cantón Daule se cumple con los parámetros de las normas RAS que son, las chimeneas de drenaje se encuentran de 20 a 25m, los taludes son de 3H Y 1V y la pendiente de los drenajes de los líquidos lixiviados es del 3%, estos parámetros se cumplen parcialmente ya que no en todo el relleno sanitario están colocadas las tuberías para drenaje de lixiviados, no se encuentra colocada toda la geomembrana y en algunos sectores no tiene material de cobertura, son solo arrumados y compactados.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar una planta de reciclaje, para poder disminuir la cantidad de desechos sólidos que ingresan al relleno sanitario.
- Se recomienda construir una nueva celda emergente, debido a que esta por colapsar la que actualmente está en funcionamiento.
- Recomendamos que para el tratamiento de líquidos lixiviados se diseñe una planta con filtro anaeróbico.

Bibliografía

Arias y Agudelo . (2005).

Campos Gómez, I. (2003). *Saneamiento Ambiental. Universidad Estatal a Distancia San José.*

Collazos Peñaloza, H. (3a. Edición). *Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios.*

Collazos Peñaloza, H., & Duque Muñoz, R. (1993). *Residuos Sólidos.* Santa Fe de Bogotá: FUNPIRS.

Definición MX. (s.f.). Obtenido de <https://definicion.mx/ingenieria-sanitaria/>.

Eugenio Giraldo, Néstor D. Soler. (2008). *Manejo Integrado de Lixiviados y Biogas en rellenos sanitarios.* . ACODAL. Cali - Colombia.

Fernández A. (2005). *La gestión Integral de los RSU en el desarrollo sostenible local.*Revista Cubana de Química. Cuba.

INAMHI Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología . (2000-2017). *Anuario Meteorológico 2017 del Ministerio de Energía y Minas.*

Melo Henríquez, A. I. (2014). *Municipio de Galapa y su aprovechamiento como forma de minimizar la problemática ambiental.* .

PDOT, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Daule. (2015-2025).

Prieto Saralegui, B. (2015). *Optimización de la gestión de los RSU en la Mancomunidad de San Markos.* Universidad Internacional de Andalucía. España.

(s.f.). *Registros históricos de la Estación Meteorologica de Nobol.*

(2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano.*

Sáez, A., y Urdaneta, J. . (2014). *Manejo de RS en América Latina y el Caribe.* Maracaibo: Omnia.

Sánchez Núñez, J. M., Velázquez Serna, J., Serrano Flores, M. E., Ramírez Treviño, A., Balcazar Vázquez, A., & Quintero Rodríguez, R. (2008). *Criterios ambientales y geológicos básicos para la propuesta de un relleno.* Michoacán, México.

ANEXOS

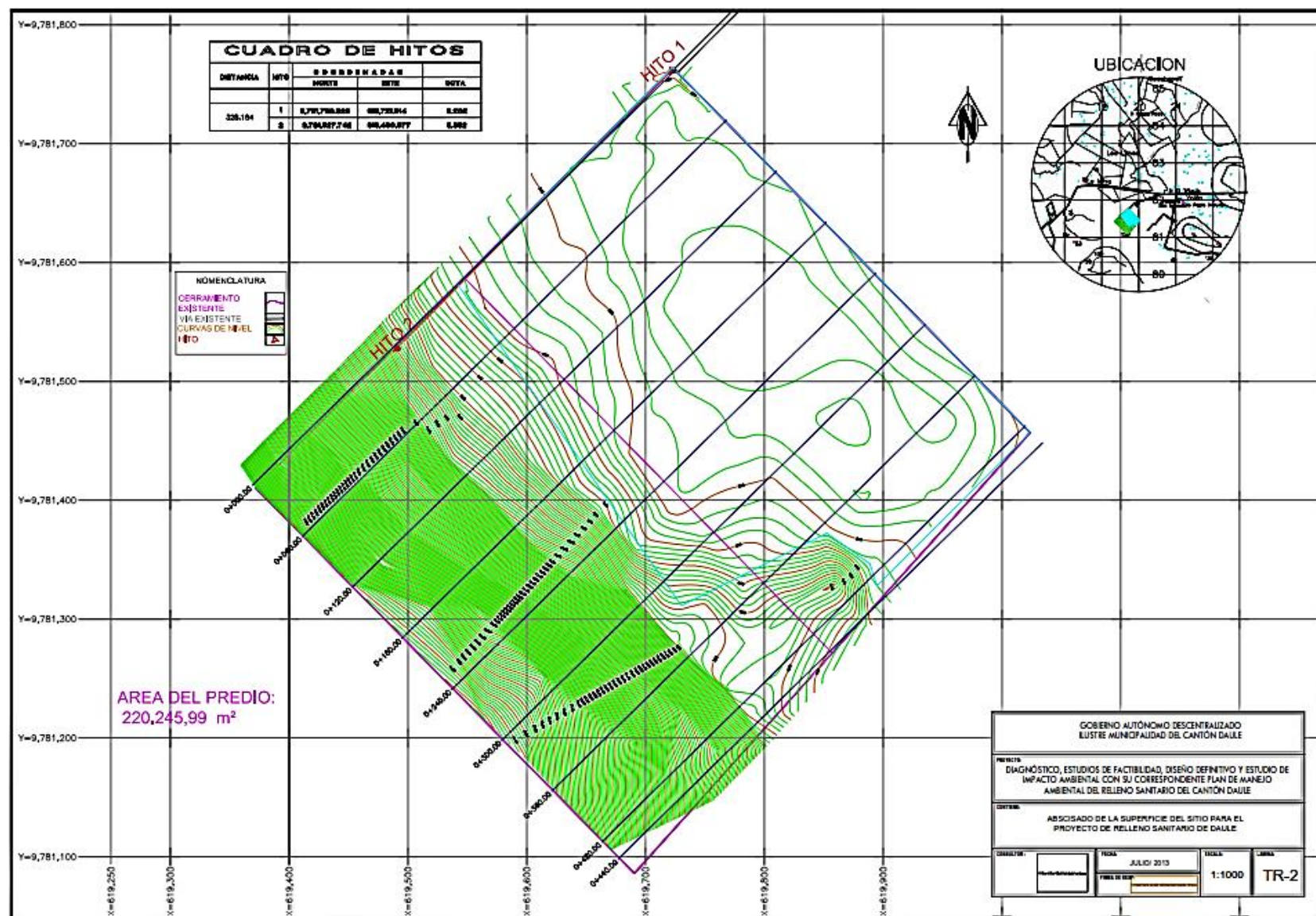
ANEXOS A

FOTOGRAFIAS DEL RELLENO ACTUAL



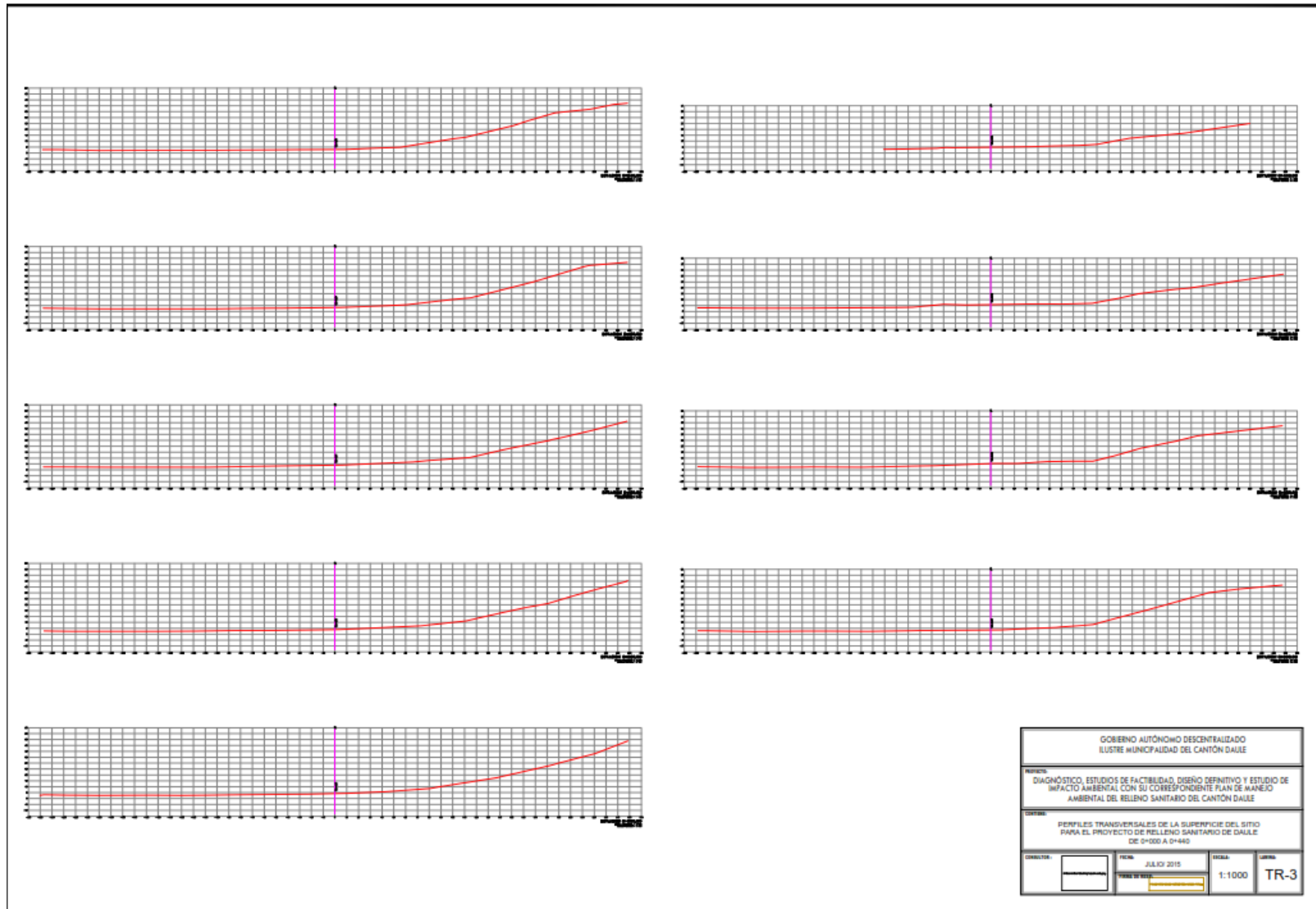
ANEXOS B

PLANO TOPOGRÁFICO DEL TERRENO



ANEXOS C

PERFILES LONGITUDINALES DEL TERRENO



ANEXOS D
METODO DEL CUARTEO





Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
Escuela de Ingeniería Civil

ANEXO 10

UNIDAD CURRICULAR DE TITULACIÓN
Telf: 2283348



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS / TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Evaluación del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos del Cantón Daule Provincia del Guayas.		
AUTOR/ES:	Vera Vásquez Jessica Tatiana – Hormiga Díaz María Camila.		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES):	Ing. Almendariz Rodriguez Christian, MSc. / Ing. Cevallos Revelo Zoila, M.sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:			
FECHA DE PUBLICACIÓN:	2019	No. DE PÁGINAS:	65
ÁREAS TEMÁTICAS:			
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	RESIDUOS – RELLENO – LIXIVIADOS – NORMAS – PARAMETROS.		

RESUMEN/ABSTRACT: El presente estudio de investigación trata sobre la evaluación del sistema de gestión de residuos sólidos urbanos del Cantón Daule, ubicado la provincia del Guayas, donde se encuentra un relleno sanitario en el cual no existe un funcionamiento total y por este motivo se evaluarán las mejoras. El relleno está ubicado cerca del cerro Yolán en la vía Los Lojas, pero la demanda de desechos es demasiado alta y sobrepasan el área existente donde se depositan, por lo que son dirigidos a las zonas más llenas, además el relleno sanitario está ubicado cerca de un lugar donde se cultiva de arroz y esta zona se ve afectada por la descarga de los líquidos lixiviados. Por lo tanto, se propone la caracterización de los residuos sólidos urbanos y luego la determinación de parámetros que permitirán realizar una comparación con los existentes, a través del Reglamento colombiano Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0986522296 / 0998359998	E-mail: tatis.jess93@hotmail.com/ mariacamila3107@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas	
	Teléfono: 2-283348	
	E-mail: fmatematicas@ug.edu.ec	