

RESOLUCIÓN No 2357

(29 (DIC. 2023))

“Por medio del cual se Niega un Permiso de Vertimiento al Suelo”

EL DIRECTOR GENERAL DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ – CODECHOCO EN USO DE SUS FACULTADES LEGALES Y ESTATUTARIAS EN ESPECIAL DE LAS CONFERIDAS EN LA LEY 99 DE 1993, DECRETO 1076 2015 MODIFICADO POR EL DECRETO 050 DE 2018 Y

CONSIDERANDO:

Que a la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó CODECHOCO le fue asignado el manejo, administración y fomento de los recursos renovables dentro del territorio de su jurisdicción.

Que el numeral 9 del artículo 31 de la ley 99 de 1993, establece como función de las Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible: “Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente. Otorgar permisos y concesiones para aprovechamientos forestales, concesiones para el uso de aguas superficiales y subterráneas y establecer vedas para la caza y pesca deportiva”.

Que el decreto 1076 de 2015 dispone que:

ARTÍCULO 2.2.3.2.20.2. Concesión y permiso de vertimientos. Si como consecuencia del aprovechamiento de aguas en cualquiera de los usos previstos por el artículo 2.2.3.2.7.1 de este Decreto se han de incorporar a las aguas sustancias o desechos, se requerirá permiso de vertimiento el cual se transmitirá junto con la solicitud de concesión o permiso para el uso del agua o posteriormente a tales actividades sobrevienen al otorgamiento del permiso o concesión.

Igualmente deberán solicitar este permiso los actuales titulares de concesión para el uso de las aguas.

ARTÍCULO 2.2.3.3.4.9. Del vertimiento al suelo. El interesado en obtener un permiso de vertimiento al suelo, deberá presentar ante la autoridad ambiental competente, una solicitud por escrito que contenga además de la información prevista en el artículo 2.2.3.3.5.2., la siguiente información:

Para Aguas Residuales Domésticas tratadas:

- 1. Infiltración:** Resultados y datos de campo de pruebas de infiltración calculando la tasa de infiltración.
- 2. Sistema de disposición de los vertimientos.** Diseño y manual de operación y mantenimiento del sistema de disposición de aguas residuales tratadas al suelo, incluyendo el mecanismo de descarga y sus elementos estructurantes que permiten el vertimiento al suelo.
- 3. Área de disposición del vertimiento.** Identificación del área donde se realizará la disposición en plano topográfico con coordenadas magna sirgas, indicando como mínimo: dimensión requerida, los usos de los suelos en las áreas colindantes y el uso actual y potencial del suelo donde se

(29 DIC. 2023)

realizará el vertimiento del agua residual doméstica tratada, conforme al Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica y los instrumentos de ordenamiento territorial vigentes.

4. Plan de cierre y abandono del área de disposición del vertimiento. Plan que define el uso que se le dará al área que se utilizó como disposición del vertimiento. Para tal fin, las actividades contempladas en el plan de cierre deben garantizar que las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo permiten el uso potencial definido en los instrumentos de ordenamiento territorial vigentes y sin perjuicio de la afectación sobre la salud pública

Que el artículo 8 del Decreto 050 de 2018, dispone:

ARTÍCULO 2.2.3.3.5.2. Requisitos del permiso de vertimientos. (...)

"8. Fuente de abastecimiento indicando la cuenca hidrográfica o unidad ambiental costera u oceánica a la cual pertenece."

"11. Nombre de la fuente receptora del vertimiento indicando la cuenca hidrográfica o unidad ambiental costera u oceánica a la cual pertenece."

"19. Evaluación ambiental del vertimiento, salvo para los vertimientos generados a los sistemas de alcantarillado público."

"PARÁGRAFO 2. Los análisis de las muestras deberán ser realizados por laboratorios acreditados por el IDEAM, de conformidad con lo dispuesto en el Capítulo 9 del Título 8, Parte 2, Libro 2 del presente Decreto o la norma que lo modifique, adicione o sustituya. El muestreo representativo se deberá realizar de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales, Subterráneas. Se aceptarán los resultados de análisis de laboratorios extranjeros acreditados por otro organismo de acreditación, hasta tanto se cuente con la disponibilidad de capacidad analítica en el país.

ARTÍCULO 9. Se modifica el artículo 2.2.3.3.5.3 del Decreto 1076 de 2015, el cual quedará así:

"ARTÍCULO 2.2.3.3.5.3. Evaluación Ambiental del Vertimiento. La evaluación ambiental del vertimiento deberá ser presentada por los generadores de vertimientos a cuerpos de aguas o al suelo que desarrollen actividades industriales, comerciales y/o de servicio, así como los provenientes de conjuntos residenciales y deberá contener como mínimo:

1. Localización georreferenciada de proyecto, obra o actividad.
2. Memoria detallada del proyecto, obra o actividad que se pretenda realizar, con especificaciones de procesos y tecnologías que serán empleados en la gestión del vertimiento.
3. Información detallada sobre la naturaleza de los insumos, productos químicos, formas de energía empleados y los procesos químicos y físicos utilizados en el desarrollo del proyecto, obra o actividad que genera vertimientos.
4. Predicción y valoración de los impactos que puedan derivarse de los vertimientos puntuales generados por el proyecto, obra o actividad al cuerpo de agua. Para tal efecto, se deberá tener en cuenta el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, el modelo regional de calidad del agua, los

RESOLUCIÓN No 2357

(20 DIC. 2023)

instrumentos de administración y los usos actuales y potenciales del recurso hídrico. La predicción y valoración se realizará a través de modelos de simulación de los impactos que cause el vertimiento en el cuerpo de agua, en función de su capacidad de asimilación y de los usos y criterios de calidad establecidos por la Autoridad Ambiental competente.

Cuando exista un Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico adoptado o la Autoridad Ambiental competente cuente con un modelo regional de calidad del agua, la predicción del impacto del vertimiento la realizará dicha Autoridad.

5. Predicción y valoración de los impactos que puedan derivarse de los vertimientos generados por el proyecto, obra o actividad al suelo, considerando su vocación conforme a lo dispuesto en los instrumentos de ordenamiento territorial y los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos. Cuando estos últimos no existan, la autoridad ambiental competente definirá los términos y condiciones bajo los cuales se debe realizar la identificación de los impactos y la gestión ambiental de los mismos.

6. Manejo de residuos asociados a la gestión del vertimiento.

7. Descripción y valoración de los impactos generados por el vertimiento y las medidas para prevenir, mitigar, corregir y compensar dichos impactos al cuerpo de agua o al suelo.

8. Posible incidencia del proyecto, obra o actividad en la calidad de la vida o en las condiciones económicas, sociales y culturales de los habitantes del sector o de la región en donde pretende desarrollarse y medidas que se adoptarán para evitar o minimizar efectos negativos de orden sociocultural que puedan derivarse de la misma.

9. Estudios técnicos y diseños de la estructura de descarga de los vertimientos, que sustenten su localización y características, de forma que se minimice la extensión de la zona de mezcla.

PARÁGRAFO 1. La modelación de que trata el presente artículo deberá realizarse conforme a la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico. Mientras se expide la guía; la autoridad ambiental competente y los usuarios continuarán aplicando los modelos de simulación existentes.

PARÁGRAFO 2. Para efectos de la aplicación de lo dispuesto en este artículo en relación con los conjuntos residenciales, la autoridad ambiental definirá los casos en los cuales no estarán obligados a presentar la evaluación ambiental del vertimiento en función de la capacidad de carga del cuerpo receptor, densidad de ocupación del suelo y densidad poblacional.

PARÁGRAFO 3. En los estudios ambientales de los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental, se incluirá la evaluación ambiental del vertimiento prevista en el presente artículo.

ARTÍCULO 10. Se modifica el artículo 2.2.3.3.5.6 del Decreto 1076 de 2015, el cual quedará así:

"ARTÍCULO 2.2.3.3.5.6. Estudio de la solicitud. En el estudio de la solicitud del permiso de vertimiento, la autoridad ambiental competente realizará las visitas técnicas necesarias al área a fin de verificar, analizar y evaluar cuando menos, los siguientes aspectos:

1. La información suministrada en la solicitud del permiso de vertimiento.

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

2. La localización de los ecosistemas considerados clave para la regulación de la oferta hídrica.

3. Clasificación de las aguas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 2.2.3.2.20.1 del presente Decreto, o la norma que lo modifique o sustituya.

4. Lo dispuesto en los artículos 2.2.3.3.4.3 y 2.2.3.3.4.4 del presente decreto, en los casos que aplique.

5. Lo dispuesto en los instrumentos de planificación del recurso hídrico.

6. Los impactos del vertimiento al cuerpo de agua o al suelo.

Del estudio de la solicitud y de la práctica de las visitas se deberá elaborar un informe técnico.

PARÁGRAFO 1. *Tratándose de vertimientos al suelo, se deberán verificar, analizar y evaluar, adicionalmente los siguientes aspectos:*

1. La no existencia de ninguna otra alternativa posible de vertimiento diferente a la del suelo, de acuerdo la información presentada por el usuario.

2. La no existencia de un sistema de alcantarillado al cual el usuario pueda conectarse, así como las proyecciones del trazado de la red de alcantarillado, si existe.

3. Las condiciones de vulnerabilidad del acuífero.

4. Los estudios hidrogeológicos oficiales del área de interés.

5. La localización de los ecosistemas considerados clave para la regulación de la oferta hídrica.

6. Zonas donde se tenga identificado la existencia de cualquier tipo de evento amenazante, de acuerdo con la información existente o disponible.

7. Identificación y localización de vertimientos al suelo y sus sistemas de tratamiento, en predios colindantes al predio en donde se realiza la disposición.

8. Información relacionada con los usos del suelo previstos en los instrumentos de ordenamiento territorial en la zona donde pretende realizarse el vertimiento al suelo.

PARÁGRAFO 2. *Tratándose de vertimientos a cuerpos de aguas superficiales se deberán verificar, analizar y evaluar, adicionalmente los siguientes aspectos:*

1. Si se trata de un cuerpo de agua reglamentado en cuanto al uso de las aguas o los vertimientos.

2. Si el cuerpo de agua está sujeto a un Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico o si se han fijado objetivos de calidad.

3. Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento y Plan de contingencia para el manejo de derrames hidrocarburos o sustancias peligrosas, en los casos que aplique

(29 DIC. 2023)

4. Fuente de abastecimiento de agua indicando la cuenca hidrográfica, o unidad ambiental costera u oceánica, a la cual pertenece

ARTÍCULO 11. Se modifica el numeral 4 y se adiciona numeral 15 del artículo 2.2.3.3.5.8. del Decreto 1076 de 2015, el cual quedará así:

"ARTÍCULO 2.2.3.3.5.8. Contenido del permiso de vertimiento. La resolución por medio de la cual se otorga el permiso de vertimiento deberá contener por lo menos los siguientes aspectos:"

(...)

Que, mediante formulario único nacional, el señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, en calidad de representante legal de la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6, presento ante CODECHOCÓ, solicitud de permiso de vertimiento al suelo, para la ejecución del proyecto denominado "**Optimización del Servicio de Aseo en el municipio de Quibdó**" - Departamento del Chocó.

Que, mediante Auto No.046 del 10 de Marzo de 2023, se le requirió al señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, en calidad de representante legal de la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6, que en un termino no mayor a 30 días allegar una serie de información ya que se consideró que no cumplía con los requisitos exigidos por la Ley; Dicho acto administrativo fue notificado via correo electrónico el día 13 de Marzo de 2023.

Que mediante solicitud con Radicado 2023041315198509, presentada por el señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, en calidad de representante legal de la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6, se allegaron los documentos solicitados mediante el Auto de Requerimiento 046 del 10 de Marzo de 2023, por tal motivo esta Corporación procede a darle inicio a el trámite de permiso de vertimiento al suelo, solicitado por el señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, en calidad de representante legal de la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6, para la ejecución del proyecto denominado "**Optimización del Servicio de Aseo en el municipio de Quibdó**" - Departamento del Chocó.

Que mediante Auto N°100 del 26 de Abril de 2023, la entidad inició el trámite de la solicitud en mención, por considerar que reunía los requisitos establecidos en el decreto 1076 de 2015 y la ley 99 de 1993.

Que con base en las Resoluciones 1280 de 2010, por medio de la cual el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estableció la escala tarifaria para el cobro de los servicios de Evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2.115 SMMV, se liquidó el valor a pagar por concepto de Evaluación de Vertimientos Puntuales y publicación de dicho acto administrativo en el boletín oficial de la corporación el cual fue de **NUEVE MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y**

RESOLUCIÓN No. 2357

(9 DIC. 2023)

DOS MIL OCHOCIENTOS NOVENTA PESOS (\$9.262.890) Factura que reposa en el expediente, la cual fue cancelada por la solicitante.

Que mediante Radicado **20230804172511108**, comunicado **SCCA-140-16.10-2023 No.167**, una vez revisados técnicamente la documentación allegada se le solicita al señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, en calidad de representante legal de la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6 allegar a la Corporación en un término no mayor a 30 días calendario una serie de información.

Que mediante Radicado 20230905091211591, comunicado SG-120-16.10-2023 No.1366, se le requiere nuevamente allegar la información requerida con el fin de darle continuidad al tramite del permiso de vertimiento al suelo para la ejecución del proyecto denominado **"Optimización del Servicio de Aseo en el municipio de Quibdó"** - Departamento del Chocó.

Con el ánimo de realizar la evaluación técnica del documento presentado por la empresa Publicas de Quibdó E.S.P en Liquidación – EPQ, el cual solicita permiso de vertimiento del proyecto "Optimización Del Servicio De Aseo Del Municipio De Quibdó" para el manejo de los lixiviados a generar en el botadero a cielo Abierto Marmolejo; La subdirección de Calidad y Control Ambiental delego a los funcionarios Ana Milena Campaña (Ing. Sanitaria), Alexis Castro (Ing. Químico); Didier Sánchez (Ing. Ambiental) y Mareley Ibarguen (Ing. Recurso Hídricos y G. A). Esto con el fin de verificar el cumplimiento a la normatividad ambiental vigente ley 99 de 1993, decreto 1076 de 2015 y demás normas ambientales vigentes aplicables a la solicitud.

ANTECEDENTES

Que en el Artículo 2.2.3.3.5.1 del Decreto 1076 de 2015 establece: "...Toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas, o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente, el respectivo permiso de vertimientos."

En agosto de 2015 se presentó el resultado de los documentos Estudios y Diseños del proyecto cierre, clausura y restauración ambiental del botadero a cielo abierto "Marmolejo" de la ciudad de Quibdó (Consortio Soluciones Hidrosuelos, 2015), con el cual se estableció la línea base ambiental del área de estudio, así como la descripción, diseño y evaluación ambiental del proyecto, para las etapas de clausura del botadero actual y la construcción de una nueva celda para la disposición de residuos sólidos, como parte fundamental del plan de cierre y restauración ambiental del botadero a cielo abierto Marmolejo, del municipio de Quibdó (Departamento de Choco).

Mediante el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimiento del 22 de febrero de 2023, el señor Roberto Carlos Angulo Jiménez identificado con la cedula de ciudadanía No. 85.459.457 de Santa Marta, representante de la empresa de Servicios públicos de Quibdó – ESP – EPQ en Liquidación identificada bajo el Nit: 818000848-6, presentó solicitud de permiso de vertimiento a cuerpos de agua quebrada Marmolejo, con la finalidad de dar cumplimiento con lo establecido en la normatividad ambiental vigente para la ejecución del proyecto denominado "Optimización Del Servicio De Aseo Del Municipio De Quibdó".

Que mediante el auto No. 046 del 10 de marzo de 2023, por medio del cual se requiere información adicional para el trámite de vertimiento al suelo, presentando los siguientes documentos:

1. Copia del Rut
2. Certificado de existencia y representación legal

RESOLUCIÓN No 2357

20 DIC. 2023)

3. Caracterización actual del vertimiento existente o estado final previsto para el vertimiento proyectado de conformidad con la norma de vertimientos vigente (deberán ser realizados por laboratorios acreditados por el IDEAM)
4. Certificado de uso del suelo
5. Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento
6. CD (Toda la información, plan de contingencia y documento vertimiento en formato editable) y foliada
7. Evaluación ambiental del vertimiento, salvo para los vertimientos generados a los sistemas de alcantarillado público
8. Autorización de notificación electrónica

Mediante radicado interno 2023041315198509 del 13 de abril de 2023, el peticionario dio respuesta al auto No. 046 de 2023, haciendo entrega de la información requerida anteriormente por CODECHOCO.

El peticionario aportó la información requerida de conformidad a lo establecido en el Artículo 2.2.3.3.5.2 del Decreto 1076 de 2015 señala los requisitos que se necesitan para obtener un permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental y el Artículo 2.2.3.3.5.5 indica cual es el procedimiento que se debe seguir para la obtención del permiso de vertimientos.

Que mediante el auto No. 100 del 26 de abril de 2023, por medio del cual se inicia el trámite para el permiso de vertimiento al suelo.

Que el día 10 de julio de la presente anualidad los ingenieros Alexis Castro (Ing. Químico); Didier Sánchez (Ing. Ambiental) y Mareley Iburguen (Ing. Recurso Hídricos y G. A), por parte de CODECHOCO. Y de parte de EPQ en liquidación el Ing. Civil Carlos Parra; Felipe Núñez Granja ingeniero residente interventoría de la empresa Consorcio Interaseo y Alexander López Arias Auxiliar de ingeniería DANCI. Realizaron recorrido en el área donde se están construyendo las obras del sistema de almacenamiento y/o tratamiento de lixiviados, para el nuevo vaso de disposición de los residuos con la finalidad de verificar las condiciones técnicas del sistema a utilizar para el tratamiento de lixiviados para obtener el permiso de vertimiento del proyecto Optimización Del Servicio De Aseo Del Municipio De Quibdó.

La Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó – CODECHOCÓ, mediante comunicado SCCA-140-16.10-2023 No 167, del 04 de agosto de 2023, con radicado interno No 20230804172511108, le requirió a las Empresas Públicas de Quibdó EPQ E.S.P. en Liquidación: "...documentos y/o estudios faltantes para dar continuidad al proceso de evaluación y revisión técnica a los documentos entregados bajo interno 2023022209037549", en un término no mayor a 30 días calendario, adicionalmente en mesas técnicas realizadas (5 y 19 de septiembre de 2023), se reiteró por parte de CODECHOCÓ, la entrega de la documentación faltante y no se cuenta con evidencia de entrega de lo solicitado a la fecha.

MARCO NORMATIVO

Según la política nacional de medio ambiente relacionada con el uso del recurso hídrico, residuos líquidos y trámite de solicitud de permiso de vertimientos, se debe tener en cuenta la siguiente Legislación:

Constitución Política de Colombia, Artículo 79 establece que "todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo."

Artículo 80 establece que el Estado tiene la obligación de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración y sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

RESOLUCIÓN No _____

2357
(29 DIC. 2023)

Decreto 2811 de 1974 "Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el SINA, y se dictan otras disposiciones.

Artículo 31. Funciones. Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones:

12) Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos.

Decreto 1076 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible".

- **Artículo 2.2.3.3.4.10.** Toda edificación, concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, turístico o industrial fuera del área de cobertura del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de sistemas de recolección y tratamiento de residuos líquidos
- **Artículo 2.2.3.3.5.1.** Toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas, o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente, el respectivo permiso de vertimientos.
- **Artículo 2.2.3.3.5.7** dispone, que la autoridad ambiental competente, con fundamento en la clasificación de aguas, en la evaluación de la información aportada por el solicitante, en los hechos y circunstancias deducidos de las visitas técnicas practicadas y en el informe técnico, otorgará o negará el permiso de vertimiento mediante resolución.
- **Artículo 2.2.3.3.5.2** señala los requisitos que se necesitan para obtener un permiso de vertimientos ante la autoridad ambiental y el artículo 2.2.3.3.5.5 indica cual es el procedimiento que se debe seguir para la obtención del permiso de vertimientos.
- **Artículo 2.2.3.3.4.9** establece los requisitos adicionales que deberá reunir el interesado en obtener un permiso de vertimientos a suelo.
- **Artículo 2.2.3.3.5.4,** establece: Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo vertimientos. Las personas naturales o jurídicas de derecho público o privado que desarrollen actividades industriales, comerciales y de servicios que generen vertimientos a un cuerpo de agua o al suelo deberán elaborar un Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos en situaciones que limiten o impidan el tratamiento del vertimiento. Dicho plan debe incluir el análisis del riesgo, medidas de prevención y mitigación, protocolos de emergencia y contingencia y programa de rehabilitación y recuperación.

Resolución N°1514 de 2012, señala: "...La formulación e implementación del Plan de Gestión de Riesgo para el Manejo de Vertimientos es responsabilidad del generador del vertimiento que forma parte del permiso de vertimiento o licencia ambiental, según el caso, quien deberá desarrollarlo y presentarlo de acuerdo con los términos establecidos en la presente resolución..."

Resolución 631 de 2015 por la cual se establece los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

RESOLUCIÓN No 2357

29 DIC. 2023)

OBSERVACIONES

Que el día 10 de julio de 2023, el equipo técnico de la Subdirección de Calidad y Control Ambiental de CODECHOCO, realizó visita de evaluación al trámite de permiso de vertimientos de Aguas Residuales, para disponer a cuerpos de agua, solicitada por el señor Roberto Carlos Angulo identificado con la cedula de ciudadanía No. 85.459.457, representante legal de la empresa de Servicios públicos de Quibdó – EPQ E.S.P. en liquidación, identificada bajo el Nit: 818000848-6; para el “proyecto Optimización Del Servicio De Aseo Del Municipio De Quibdó”; con el fin de verificar las condiciones técnicas del sistema a utilizar para el tratamiento de lixiviados del botadero a cielo abierto Marmolejo del Municipio de Quibdó; la visita fue atendida por parte de EPQ en liquidación el Ing. Civil Carlos Parra; Felipe Núñez Granja - ingeniero residente interventoría de la empresa Consorcio Interaseo y Alexander López Arias - Auxiliar de ingeniería DANJI.

Que de la visita de evaluación realizada y la documentación presentada a CODECHOCO se destaca lo siguiente:

❖ LOCALIZACIÓN DEL SDF MARMOLEJO Y GENERALIDADES DEL PROYECTO DEL NUEVO VASO

Tomando como fuente de información la siguiente documentación presentada del proyecto, se relata a continuación información relevante de los estudios y diseños para la solicitud del permiso de vertimiento:

La documentación técnica presentada consta de los siguientes documentos:

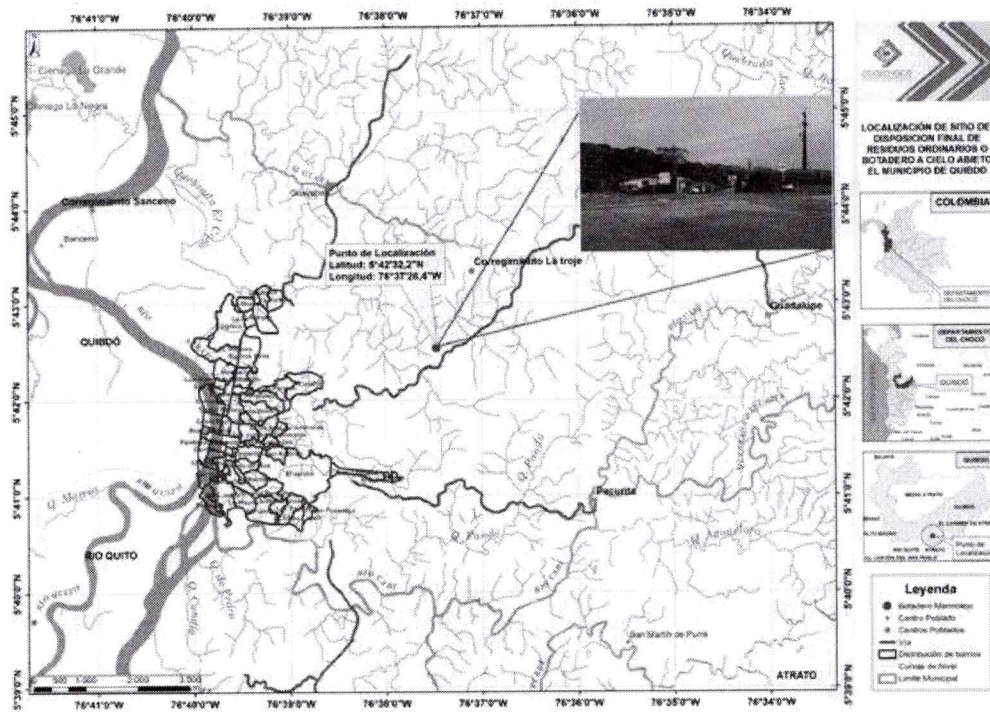
- Descripción diseño conducción del vertimiento de lixiviados
- Informe No 4 Ajuste estudios y diseños Marmolejo
- 3. Eficiencia Teórica de la laguna.pdf
- 5. Plan De Riesgos y Manejo de Vertimientos. MarmolejoV1.pdf
- 7. Evaluación Ambiental del Vertimiento en Marmolejo.pdf
- Memorias de cálculo permiso vertimiento Marmolejo.pdf
- Modelación en Storm Water Management Model (SWMM) US EPA
- Plan De Riesgos y Manejo de Vertimientos. Marmolejo
- 4. Uso de Suelo Botadero Marmolejo.pdf
- Morfometría MarmolejoV2 (Entregado 19 de septiembre 2023 mediante Email sin radicado)
- Anexo 1. Plan de Manejo Ambiental (Estos documentos información general del Botadero Marmolejo)
- Anexo 2. Plan de Contingencias v.0 (Estos documentos información general del Botadero Marmolejo)
- Anexo 3. Plan de Seguimiento y Monitoreo (Estos documentos información general del Botadero Marmolejo)

➤ LOCALIZACIÓN DEL SDF MARMOLEJO

El sitio de disposición final de residuos sólidos (MARMOLEJO) del municipio de Quibdó, se encuentra ubicado a 5 km aproximadamente del centro poblado, en la margen izquierda de la vía que conduce del municipio de Quibdó al corregimiento de Tutunendo, cuya ubicación geográfica está en las coordenadas N 05° 42'32.2" - W 076° 37'28,4" .

RESOLUCIÓN No _____

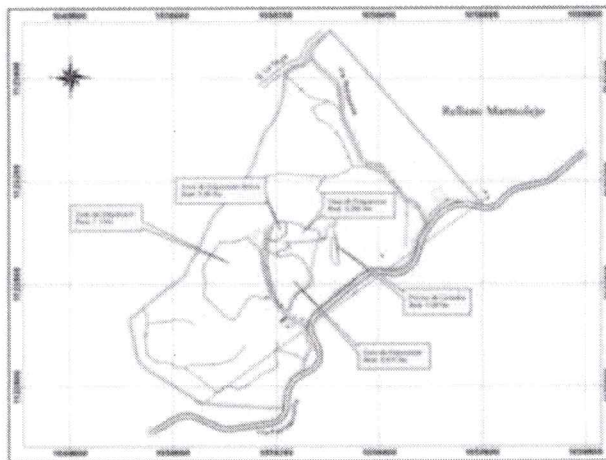
(29 DIC. 2023)



Mapa 1. Localización Predio Marmolejo

Fuente: SIG CODECHOCÓ

Tiene una extensión aproximada de 22 hectáreas, de las cuales sólo están intervenidas alrededor de 2 Ha. Desde la vía principal, se encuentra una vía de acceso con una longitud de 200 metros, a lado y lado de la cual se observan residuos expuestos a cielo abierto.



Mapa 2 Predio Marmolejo

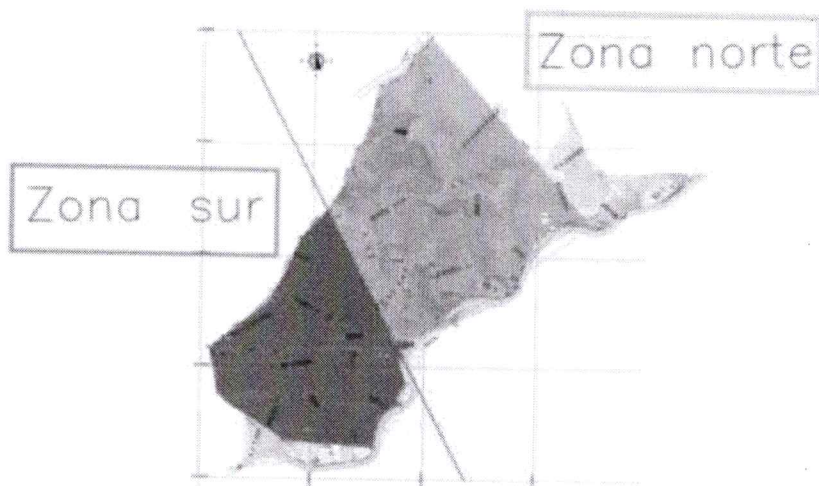
Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015/SIG CODECHOCOCO 2023

Actualmente el predio de disposición final de residuos sólidos Marmolejo lo dividieron en dos zonas: ZONA NORTE Y ZONA SUR, tal como se muestra en el mapa 3

RESOLUCIÓN No

2357

29 DIC. 2023

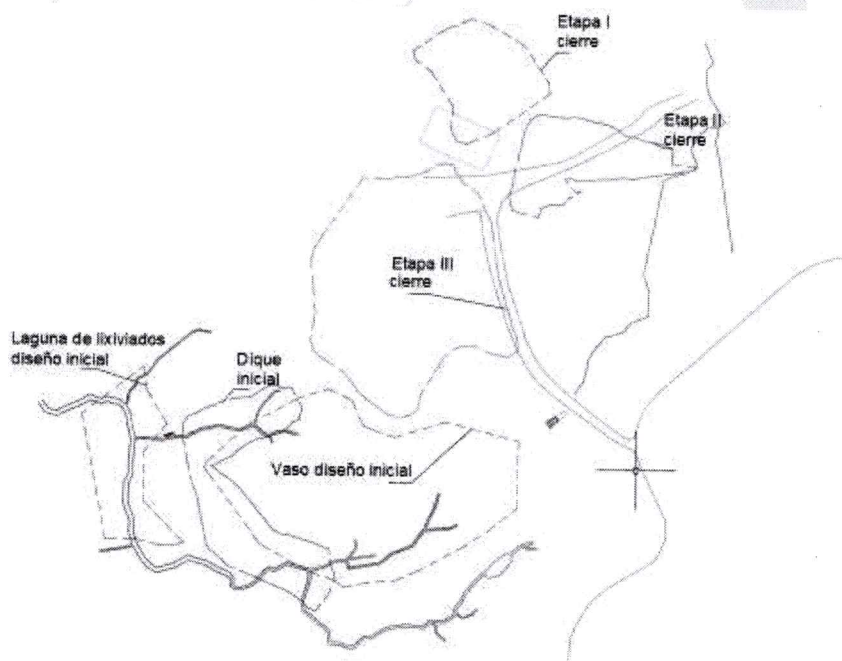


Mapa 3. Zonas de estudio predio Marmolejo

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

En la zona norte donde actualmente se disponen los residuos que se producen en la ciudad de Quibdó, sin cumplimiento de especificación técnica, o con alguna medida que corrija, compense, prevenga o mitigue algún impacto ambiental que se pueda producir por esta actividad.

Es por ello que se propone dar un cierre técnico y clausura cumplimiento con lo establecido en la guía para cierre de botaderos a cielo abierto y en la resolución 0330 de 2017 (Reglamento Técnico para el Sector de Agua potable y saneamiento básico).



Mapa 4 Predio Marmolejo Proyecto viabilizado con diseño 2015

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

www.codechoco.gov.co

GD-PR-01-FR-01 V.122-01-13

RESOLUCIÓN No 2357

29 DIC. 2023)

En la zona sur, se diseña un nuevo vaso con 3 áreas para disposición, una central, y 2 laterales a esta, con una capacidad superior a 200.000 m³ para disposición final de residuos. Junto con elementos de protección contra inundación y socavación en las zonas más cercanas a la corriente de agua y una estructura de contención, se utiliza una geomembrana de espesor de 1,5 milímetros o 60 mils.

Para la disposición de los residuos en el nuevo vaso se plantea mediante la construcción de terrazas con cinco metros de ancho, cada cinco metros de desnivel y pendientes del 50% entre ellas. De acuerdo con esta geometría se evaluó la estabilidad para distintos niveles piezómetros por efecto de la generación de lixiviados.

De igual manera para el manejo de aguas de escorrentía, se diseñan drenes y subdrenes teniendo en cuenta el criterio de mantener la línea hipsométrica de las 2 líneas de drenaje a intervenir y realizar lleno sobre estos. Realizar llenos sobre los drenes y subdrenes, de un promedio de 3 metros por debajo del fondo de vaso propuesto.

Los taludes son diseñados 1V:1H y abancalados con altura de 3 metros y bermas de 1 metro con el fin de mejorar las condiciones de estabilidad al realizar los movimientos de tierra.

La red de manejo de lixiviados es robusta con filtros principales y secundarios, llevados a un sitio de recolección denominado SUMP (sumidero) y desde allí se bombea de lixiviados.

El tratamiento de lixiviado consiste en un sistema por lagunaje, ubicados en un sitio lejos de las corrientes de agua y cercano al área administrativa, con el objetivo de tener un mayor control por parte del operador del sitio de botadero.

En cuanto a la geología del lugar donde se construyó el nuevo vaso para la disposición de los residuos sólidos en el botadero de Marmolejo, municipio de Quibdó, se encuentra en una zona de depósitos no consolidados, compuestos por limos arenosos con algunos fragmentos intercalados de gravas, probablemente la formación Quibdó, del Plioceno, depósitos de consistencia media y blanda que constituyen un perfil de suelo Tipo E, de acuerdo con el Reglamento NSR-10 según los análisis de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y las pruebas de campo y corresponde a una zona de amenaza sísmica alta.

Se establece en el documento de ajustes del diseño que el sistema de subdrenaje deberá diseñarse, construirse y monitorearse para garantizar que se alivie cualquier incremento en la presión de poros que, como se observa en los análisis de estabilidad, comprometería la estabilidad de los taludes de excavación y de los llenos, en tierra y residuos sólidos, especialmente en condiciones de empuje sísmico.

Además, se establece que, durante la disposición de los residuos, deben protegerse las excavaciones para que no sufran erosión, ni permitan la saturación de los depósitos del sustrato del relleno. Se recomienda la construcción de cunetas colectoras y zanjas de coronación revestidas en la corona de los taludes excavados.

Durante los análisis de estabilidad de las laderas en condiciones actuales en cuanto a condiciones estáticas, en el ajuste de los nuevos diseños, se obtuvieron valores para el factor de seguridad mínimos de 1,92. De forma análoga, para los mismos perfiles de análisis, los factores de seguridad mínimos fueron de 1,56 y 1,48 respectivamente, para el caso estático y para el caso de sismo, los valores se reducen a 1,05 y 1,04. Tras la disposición de los residuos, se observa que el Factor de Seguridad es especialmente sensible a la ubicación de una eventual línea piezométrica al interior del relleno. Para cumplir con los requerimientos del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, donde se exige valores mayores a 1.5 para el análisis estático y 1.05 para el seudoestático, debe garantizarse con el sistema de subdrenaje que, en ninguna circunstancia, las napas de lixiviado puedan estar a menos de siete metros (7m) de la superficie del vaso propuesto.

RESOLUCIÓN No _____

29 (DIC. 2023)

En los ajustes de diseño del nuevo vaso, de acuerdo con el análisis de sensibilidad, se encontró que el factor de seguridad es más sensible a la fricción que a la cohesión del material del relleno, sin embargo, es aún más sensible a la posición de la tabla freática. Por eso se enfatiza la necesidad de instrumentar tanto los diques de confinamiento como la celda de residuos, para identificar eventuales ascensos de la presión de poros o la formación de superficies piezométricas próximas a la superficie. Para ello se recomienda la instalación de piezómetros, a no menos de un metro (1m) de la base de los diques de confinamiento y en profundidades variables bajo la basura.

En virtud de la enorme variabilidad de las propiedades geomecánicas de los materiales del depósito (Residuos sólidos), de la eventual elevación de la presión de poros debida a la generación de lixiviados y de gases, es evidente que las condiciones de diseño pueden cambiar a lo largo del tiempo durante y después de la construcción del relleno. Por esta razón se recomienda el monitoreo permanente de los depósitos, de manera que se pueda verificar la existencia de presiones intersticiales como consecuencia de la inevitable presencia de lixiviados y de la generación de gases. Los análisis de estabilidad muestran el marcado efecto de la posición de los niveles de lixiviados en el factor de seguridad y dadas las elevadas precipitaciones de la zona y el tipo de residuos (en su mayoría de origen doméstico) que se espera disponer, el mal funcionamiento de los sistemas de drenaje podría fácilmente desencadenar un fenómeno de remoción en masa. Por lo aquí expuesto, se recomienda la instalación de freátímetros, piezómetros e inclinómetros para monitorear el comportamiento del relleno y poder tomar las medidas correctivas de manera oportuna en caso de que las condiciones de funcionamiento difieran respecto de las hipótesis del presente diseño. Si bien es cierto no se han detectado rasgos notorios de inestabilidad, erosión o procesos denudativos, que sugieran compromiso del predio propuesto para la construcción del botadero, durante la ejecución de las excavaciones y del llenado de la nueva celda de disposición, será necesario implementar un sistema de drenaje superficial para facilitar la canalización de las aguas de escorrentía, y también durante la operación.

En el documento de ajuste a los diseños se propone que para evitar la formación de presiones de poro por debajo del relleno sanitario es necesario construir un grupo de filtros, por ejemplo, de tipo francés, con piedra y materiales granulares o geotextiles, o instalar drenes subhorizontales. Cualquier opción que por facilidad constructiva se elija, o una combinación de ambas, deberá ubicarse en el nivel más bajo de las excavaciones, drenando preferiblemente en canales superficiales que faciliten la inspección y monitoreo de su funcionamiento.

Se plantea en el ajuste de los diseños del proyecto que parte de los depósitos finos (limos y arcillas) se podrán emplear para las capas de cobertura sobre los residuos y de manera controlada para la construcción de los diques reforzados con geo textil propuestos sobre los cauces al costado occidental del predio.

Es válido resaltar que la capacidad total del nuevo vaso de disposición es de aproximadamente 216.338m³, por lo que su vida útil aproximadamente será de 5,5 años.

Cantidad y volumen de residuos sólidos a manejar

Teniendo en cuenta los datos de la población total servida se calculó la cantidad de residuos sólidos a disponer en el sitio de disposición final (tabla 1), durante un periodo de 5 años.

Tabla 1. Producción y disposición de residuos sólidos en el municipio de Quibdó

AÑO	Población servida urbana	Población servida rural	PPC (kg/hab-día)	Producción diaria (ton)	Más otros residuos barrido y césped (Tn día)	Disposición diaria (ton)	Disposición anual (ton)
2021	116127	6947	0,706	86,89	0,89	87,78	31.601

RESOLUCIÓN No **2357**
 29 DIC. 2023
 ()

2022	117127	6982	0,712	88,37	0,89	89,26	32.132
2023	118128	7017	0,717	89,73	0,9	90,63	32.626
2024	119129	7052	0,723	91,23	0,91	92,14	33.170
2025	120130	7087	0,728	92,61	0,91	93,52	33.669
2026	121131	7122	0,734	94,14	0,92	95,06	34.221

❖ ESTUDIO HIDROLÓGICO.

Para el estudio hidrológico de la zona se plantea en primera instancia, orientarlo a determinar magnitudes y frecuencias de los caudales máximos generados en las áreas de drenaje de los cauces tributarios al sitio de estudio. En segundo término, se buscó identificar las principales características climatológicas de la zona a partir de los parámetros de precipitación máxima diaria, días de lluvia, las variables temperatura del aire, humedad relativa y evaporación, para establecer las condiciones climáticas predominantes en el área, para efectuar el ajuste del diseño para la optimización de la nueva celda de disposición final de residuos sólidos en el botadero Marmolejo de la ciudad de Quibdó (Chocó).

Se menciona que el estudio fue realizado de acuerdo con la información disponible en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), además de la información de otras bases de datos de información hidroclimática como las de Cenicafé e IGAC; de igual manera se consultó la literatura científica disponible y aplicable de acuerdo con las características propias del país y el departamento del Chocó.

➤ Hidrografía

En el documento se describe la hidrografía del municipio de Quibdó la cual se encuentra conformada por las siguientes subcuencas hidrográficas (Alcaldía de Quibdó, 2020).

- RIO BEBARAMA, Ubicada al nororiente del territorio con una extensión de 53.750 ha. En esta área se ubica el resguardo de Bebaramá. Esta subcuenca limita al norte y al occidente con el municipio de Medio Atrato, al oriente con la subcuenca del río Murri, y el municipio del Carmen de Atrato, al sur con la subcuenca del río Negua.
- RIO NEGUA, Ubicada al oriente del territorio con una extensión de 90.625 ha. En esta área se encuentran el resguardo de Negua, Icho, Granja corazón de María, R de Motordó y reg. Playa alta Tutunendo el 21 y las poblaciones de Tutunendo, Negua, Ichó, Nemota, Boca de Nemota. Limita al norte con la subcuenca del Bebarama, al 17 Plan de Ordenamiento Territorial - Municipio de Quibdó Diagnóstico Territorial oriente con la subcuenca del río Tanguí y el municipio del medio Atrato y la subcuenca del Munguidó, al Occidente con el municipio de Lloró.
- RIO CABI, Ubicada al sur oriente del territorio con una extensión de 19.373 ha. En esta área se encuentran las poblaciones de Pacurita, Guadalupe.
- RIO TAGACHI, Con una extensión de 46.252 ha. Se encuentran los poblados de Tagachi, resguardo Alto Tagachi, parte del resguardo Alto río Buey.
- RIO BUEY, tiene una extensión de 20.621 ha. En la cual se localizan las poblaciones de: San Antonio de Buey, vereda Camposanto, Resguardo Alto río Buey, Resguardo río Buey, Resguardo, Bete AuroBete AuroBuey.

RESOLUCIÓN No _____

2357

(29 DIC. 2023)

- RIO BETE, con una extensión aproximada de 14.379 ha. Bete, parte del resguardo Río Buey, y parte del resguardo Bete AuroBete AuroBuey.
- RIO MUNGUIDO, Tiene una extensión aproximada de 600.000 ha. Se encuentran las poblaciones de La Comunidad, Alta Gracia, Calahorra, Campo bonito, Guarandó, Gitradó, Pueblo nuevo, resguardo Core de Munguido y resguardo Caimanero de Jampapa.
- RIO QUITO Ubicada al sur occidente del territorio, con una extensión de 350 ha. Se encuentra la población de Barranca.
- RIO BAUDÓ. Ubicado al occidente del territorio con una extensión aproximada de 450 ha. En este se encuentra una pequeña franja del río Baudó.
- RIO BOJAYA. Se ubica en la parte nor-oriental del territorio con una extensión aproximada de 726 ha. Que entra al resguardo indígena de Alto río Tagachí.
- MURRI. Con una extensión aproximada de 3.124 ha. Se ubica en el extremo Noroccidental del municipio, no se encuentran poblaciones en este sector.
- RIO BUCHADÓ. Se encuentra en el extremo Nor – oriental del municipio con una extensión aproximada de 16.253 ha. En donde se encuentra parte del resguardo indígena de Alto Tagachí.
- RIO TANGUÍ. Con una extensión aproximada de 15.000 ha.

➤ **Geomorfología**

Asumiendo la hidrología de la zona y la superficie terrestre donde drenan, se conoce información detallada del sitio de interés, es decir, de la cuenca de la quebrada sur occidental del vaso proyectado, en la Figura 1 se presenta la localización del sitio de estudio, teniendo en cuenta la ubicación del Municipio de Quibdó y la delimitación de la cuenca anteriormente mencionada.

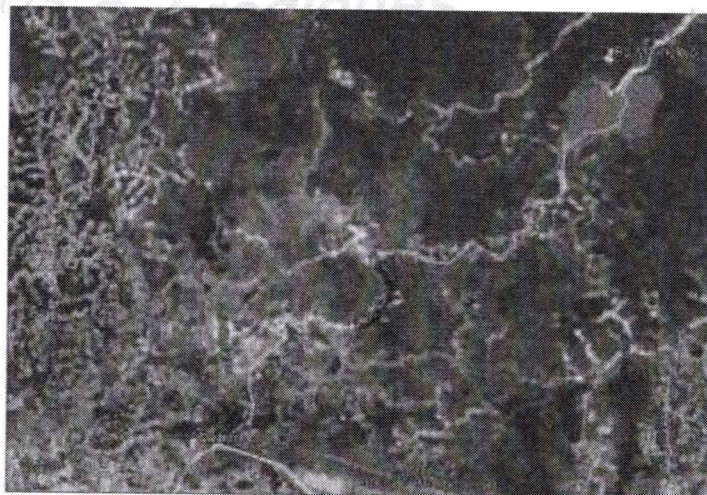


Figura 1. Localización de la cuenca respecto al municipio de Quibdó.

Fuente: (Google Earth PRO, 2021)

RESOLUCIÓN No. 2357

(29 DIC. 2023)

Se dividió la cuenca en subcuencas para el análisis del presente estudio, las cuales se tomaron en función de sus áreas aferentes para tener presentes los aportes de los caudales de cada una de estas; en la Figura 2 se presentan las subcuencas anteriormente mencionadas:

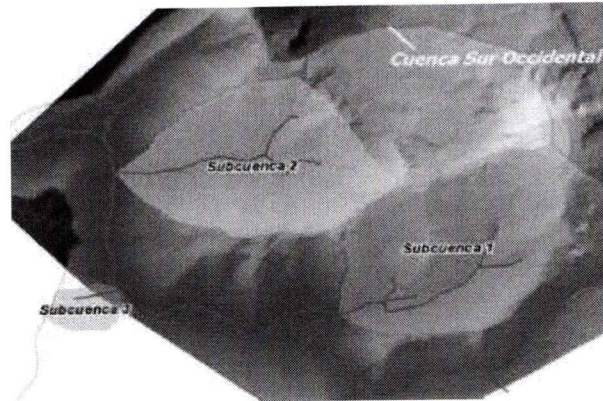


Figura 2. Subcuencas de la quebrada sur occidental del vaso de la celda proyectada.

Fuente: Actualizado de (Hidrosuelos, 2015).

➤ Parámetros morfométricos

Para formarnos una primera idea de la naturaleza de la cuenca se constituyen una información mínima que da a conocer el comportamiento hidrológico de la misma. A continuación, se muestran los valores encontrados para la cuenca de la quebrada sur occidental.

- Área de la cuenca (A): 158,781.78 m²
- Perímetro de la cuenca (P): 1899.28 m
- Longitud de la cuenca (Lc): 620.71 m
- Longitud del cauce principal (Lcp): 795.66 m
- Longitud máxima de la cuenca (Lm): 559.51 m
- Longitud del centroide hasta el punto más cercano al cauce (Lcen): 10.14 m
- Ancho medio de la cuenca (Bm): 276.78 m
- Cota superior: 63 m.s.n.m.
- Cota inferior: 47 m.s.n.m.

Para la obtención de los parámetros morfométricos de la cuenca de la quebrada sur occidental se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG). El área corresponde a 158781.78 m², longitud del cauce principal de 795.66 m con una pendiente media de 2.01%. Se tiene un orden de drenaje 3, de forma oval redonda a oval oblonga.

En conclusión, la modelación de la quebrada sur occidental teniendo en cuenta que está cerca a varias estaciones climatológicas; entre ellas la estación Tutunendo la cual presenta una serie de 2.5 años, que para este tipo de estudios no es suficiente para realizar las estimaciones, es por este motivo que fueron utilizados los datos de la estación Aeropuerto El Caraño, la cual contaba con más años de datos tanto pluviométricos como climatológicos. Obteniendo en la modelación hidráulica del cauce, niveles máximos alcanzados que varían entre 1.8 y 1.99 metros para los diferentes períodos de retorno, por ende, se recomienda la construcción de una estructura de contención para proteger el dique en caso de presentarse crecientes mayores a las calculadas en dicho estudio, para proteger la conformación del nuevo vaso desde su cimentación.

Las curvas IDF establecidas para la estación Aeropuerto el Caraño por el IDEAM, construidas según las series históricas, sirvieron para determinar el caudal de diseño para los diferentes períodos de retorno

RESOLUCIÓN No _____

235744
(9 DIC. 2023)

Para la modelación hidráulica del cauce se utilizó el modelo computacional HEC-RAS, a través del cual se obtuvieron los niveles de aguas máximas (NAM), perfiles hidráulicos y velocidades del flujo. Dicha modelación se efectuó para el escenario del cauce natural con condiciones actuales.

Se pudo establecer que los perfiles erosivos estimados en la cuenca de la quebrada sur occidental para períodos de retorno entre 25 años y 100 años y en tres sitios puntuales de la línea de drenaje son inferiores a 60 cm de profundidad. Por ende se considera que la mejor opción para preservar las orillas y prevenir erosiones laterales en los cauces, es la conservación de la vegetación, por lo tanto, se hace énfasis en la necesidad de su preservación. Es por ello que la inspección y el mantenimiento periódico de las estructuras proyectadas es fundamental para el adecuado funcionamiento de estas.

- **Análisis de Riesgos.**
- **Impactos ambientales por la intervención de la vegetación.**

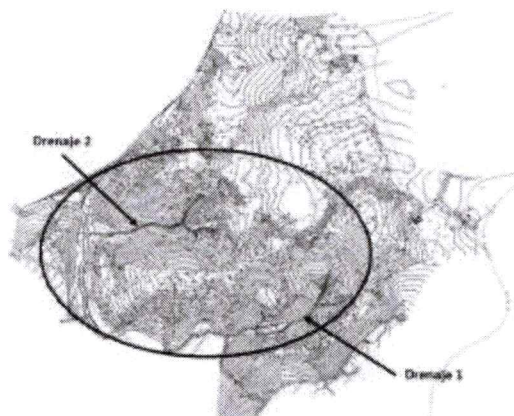
En el ajuste del diseño del nuevo vaso se establece que los impactos que se causarán serán a partir del corte o aprovechamiento forestal, donde, teniendo en cuenta la diversidad de especies presentes y la homogeneidad del bosque el impacto es bastante alto, entre las afectaciones que se podrán identificar se encuentran:

- Fragmentación del ecosistema
- Pérdida de biodiversidad
- Disturbios en el hábitat de especies de fauna
- Daños a especies en los estratos más bajos del bosque, es decir la regeneración natural presente con especies nativas de alto valor comercial.

➤ **Manejo de aguas subsuperficiales**

Para la adecuación del nuevo vaso en el sitio de disposición final Marmolejo, se requiere el manejo específico de dos áreas que corresponden a las líneas de escorrentía 1 y 2, tal como se presenta en la Figura; Esta están determinados por la geomorfología del lugar, compuesta de colinas alargadas producto de la disección por efecto del agua en suelos procedentes de depósitos aluviales, con pendientes medias a moderadas.

El manejo del suelo de soporte incluye: (i) subdrenaje para aseguramiento de captación y conducción de posibles aguas freáticas ascendentes y de control de presiones de poros en la capa portante, (ii) nivelación del piso portante, (iii) construcción de estructuras de cierre y contención de la nueva celda de residuos, y (iv) instrumentación de sitio.



RESOLUCIÓN No 2357
 (29 DIC. 2023)

Figura 3. Áreas de intervención con subdrenaje.

Fuente: Levantamiento topográfico de Urbaser 2020

➤ **Piezómetro abierto / Pozo de monitoreo de aguas subterráneas.**

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso, se instalará en el lateral derecho de cada uno de los muros de cierre un pozo de monitoreo de aguas subterráneas, con una profundidad tal que el nivel de aguas dentro del pozo sea mínimo de un (1) metro por encima del fondo; consiste en un tubo PVC sanitaria perforada de 2" ubicado dentro de una perforación de 4" de diámetro; el espacio entre el tubo y la pared de la perforación debe llenarse con material granular filtrante contenido entre las mallas #4 y #40. Debe quedar como mínimo con 0,5m de tubo sobresaliendo del terreno, para su fácil ubicación y evitar el ingreso de aguas de escorrentía. Así mismo se debe proveer tapón liso perforado en el centro, para evitar que le ingrese al tubo cualquier suciedad o algún elemento que lo obstruya. Se estima que la longitud de estos pozos por unidad será de cinco (5) metros.

➤ **Piezómetro abierto para lixiviados en la nueva celda.**

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso con la construcción de las chimeneas para gases, debe dejarse un número específico con tubería HDPE perforada, de mínimo 4", que permitirá hacer la medición de los niveles de lixiviados dentro de la celda. En este caso, por estar la tubería dentro de la chimenea, no requiere de otro material filtrante.

❖ **COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL VERTIMIENTO**

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso el desarrollo de un proyecto de estas características, debe estar basado en tres fases, Planeación, Diseño, y construcción. Estas tres fases permiten al diseñador tener criterios de análisis para la toma de decisiones. En la tabla 2 especifican las actividades a desarrollar en las fases anteriormente descritas.

Tabla 2. Fase de actividades desarrollo proyecto

FASES	ACTIVIDADES
PLANIFICACIÓN	Visita Técnica Identificación de sitios potenciales Caracterización físico-química, biótica y social
DISEÑO	Adecuaciones iniciales Modelo de lleno Red de lixiviados Red de biogás Laguna de lixiviados Manejo de aguas lluvias Vía de acceso
CONSTRUCCIÓN	Vías de acceso Vasos de disposición Impermeabilización Lixiviados y Biogás Llenados Manejo de Aguas Lluvias Infraestructura y Obras Complementarias

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

RESOLUCIÓN No 2357

29 (DIC. 2023)

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso se establece que una vez realizada la etapa de planeación se da inicio a la etapa de diseño, esta etapa se encuentra dividida por actividades, la primera actividad se basa en el análisis de la situación actual de las vías de acceso a las áreas que se van a intervenir, para esta actividad se debe tener en cuenta el tipo de maquinaria que va a transitar por la vía, permitiendo realizar el análisis de las adecuaciones que se deben efectuar en estas, como lo es una posible ampliación, compactación o en su defecto la construcción de nuevas vías.

También se establece que de acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso, una vez definida la forma de acceso al área de trabajo, se inicia la identificación de las áreas potenciales de intervención del predio, las cuales deben cumplir con los criterios técnicos y recomendaciones que establece el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 para la construcción de rellenos sanitarios. Posteriormente se procede a realizar las proyecciones de población y de producción de residuos sólidos para el tiempo de vida útil del vaso de disposición final. Debido a que la disposición final de residuos sólidos en el predio Marmolejo es una solución temporal mientras se efectúa el cierre del botadero a cielo abierto, se definió para un periodo de vida útil de cinco (5) años.

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso se establece que culminada la actividad de cálculos de proyecciones se inicia la fase de diseño, en la cual se plantean las adecuaciones iniciales del área a intervenir, la excavación necesaria para el del vaso, el sistema de recolección de lixiviados y biogás, el sistema de manejo de aguas lluvias, el sistema de almacenamiento y/o tratamiento de lixiviados, las vías de acceso y el modelo de llenado para definir la cota máxima de diseño, para esto es indispensable el diagnóstico y análisis de los estudios base realizados en el sitio, los cuales incluyen estudios topográficos, geotécnicos, geoelectrónicos, hidrológicos entre otros. Posterior al diseño se inicia la fase de construcción, entre las actividades de intervención de la excavación se encuentra los cortes de taludes, los cuales se definen con base en las características del suelo, previendo que en la fase de construcción no se presenten superficies de falla, posteriormente se requiere de un perfilaje de fondo y de taludes.

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso se establece que terminado el perfilaje de fondo y la incorporación de la capa de arcilla para protección de acuíferos se procede a construir la red de lixiviados, la cual consta de una red principal y redes secundarias, la red primaria se compone de un filtro hecho por un tubo perforado en el fondo y recubierto de piedra redonda de río; las redes secundarias, conocidas como las espigas de pescado, se construyen con una zanja similar a la construida la red principal, aunque esta no contiene tubería.

Culminadas las adecuaciones iniciales, se procede a la instalación de un paquete de impermeabilización, el cual está compuesto por un geotextil NT2000, geomembrana de espesor (30 mils) y una capa de rodadura, la disposición del paquete de impermeabilización consta de la instalación del geotextil sobre el fondo del vaso, sobre este geotextil irá la geomembrana la cual estará protegida por otra capa de geotextil que cubre a la geomembrana, por último se adiciona una capa de rodadura la cual permitirá el ingreso de vehículos hasta el fondo del vaso protegiendo el paquete de permeabilización.]

El impermeabilizado también se extiende a lo largo de las excavaciones de los filtros de red de lixiviados. Conjuntamente al procedimiento de impermeabilización se realiza la construcción de las chimeneas para manejo de red de biogás de acuerdo con las especificaciones técnicas presentes en el RAS 2000.

Las obras básicas que se van a presentar en este documento son: vías de acceso, cerramiento, acondicionamiento del terreno para las diferentes zonas, impermeabilización de las áreas intervenidas, drenaje de lixiviados, sistema de tratamiento de lixiviados, red general de aguas de escorrentía, red de captación de biogás, infraestructura de monitoreo y control.

➤ **LIXIVIADOS GENERADOS**

- **Caracterización del lixiviado**

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

De acuerdo a los ajustes del diseño del nuevo vaso se establece lo siguiente:

Las características de los lixiviados generados, dependerán de las características de los residuos depositados y de las condiciones reinantes en él, como temperatura, contenido de humedad, edad del Botadero, capacidad del suelo para remover contaminantes y la calidad y cantidad del agua que entra en contacto con la masa de residuos dispuestos.

Debido a la alta compresión de los residuos, el oxígeno tomado de la atmósfera no es suficiente para compensar la demanda de oxígeno de los microorganismos, por lo que se originan condiciones anaerobias. Esta situación, es la causa del cambio de la biocenosis de aerobia a anaerobia facultativa y más tarde a microorganismos anaerobios obligados. La fase de fermentación ácida puede durar de 3 a 7 años; dependiendo de la forma y factores ambientales que predominen. En la disposición los lixiviados pueden presentar concentraciones muy altas de DQO y DBO5. Durante esta fase (3 a 7 años) la relación DBO5/DQO es aproximadamente 0,6.

En este caso, alrededor del 90% de la DBO5 es causada por ácidos grasos volátiles (AGV), lo que significa que la biodegradabilidad del lixiviado durante este lapso es alta. El incremento de las bacterias metanogénicas, afecta negativa y progresivamente la producción de AGV. Después de un período de 7 a 9 años la biocenosis alcanza un estado estable, denominada fase metanogénica. La contaminación orgánica del lixiviado disminuye rápidamente lo que da como resultado que la DBO5 presente valores más bajos que 500 mg/l y la relación DBO/DQO se acerca a 0,1 y aún más bajos.

Contrario a la disminución de la contaminación orgánica del lixiviado, las concentraciones de amonio aumentan rápidamente, alcanzando concentraciones entre 500 a 1500 mg/l NH4 en un período de 3 a 8 años y permaneciendo así por lo menos 50 años o más. Los rangos típicos de la concentración del lixiviado, se presentan en la tabla 5, donde se identifican las características del lixiviado según la fase acética que ocurre al momento de disponer los residuos o la fase metanogénica que ocurre en un período estrictamente anaerobio. La caracterización promedio de un lixiviado tipo se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas del lixiviado promedio

Parámetro	Valor promedio	Rango
Fase ácido-génica.		
pH	6.1	4.5 – 7.5
DBO5 mg/l	15000	4000 – 40000
DQO mg/l	22000	6000 - 60000
DBO5/DQO	0.68	
SO4 mg/l	500	70 – 1750
Mg mg/l	470	
Fe mg/l	780	20 – 2100
Mn mg/l	25	0.3 – 65
SST	1515	450 - 2580
Fase metanogénica		
pH	8	7.5 - 9

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

DBO5 mg/l	180	20 - 500
DQO mg/l	3000	500 - 4500
DBO5/DQO	0.06	
SO4 mg/l	80	10 - 420
Mg mg/l	180	40 - 350
Fe mg/l	15	3 - 280
Mn mg/l	0.7	0.3 - 45

Fuente: Tchobanougus, 1990 - 1996

De esta tabla, para el parámetro DBO5, se tomó el límite inferior de 4000mg/l como concentración inicial de DBO5 y 450mg/l de SST, para los cálculos de eficiencia de remoción en el sistema de tratamiento de lixiviados, siempre que se trate de un Botadero sanitario nuevo. Cuando el Botadero se encuentra funcionando y se requiere su ampliación es necesario tomar el promedio de los resultados de caracterización de lixiviados en la planta de tratamiento.

- **Lixiviado biológico**

Conforme a los ajustes del diseño del nuevo vaso se establece que para la recolección del lixiviado se concibe un sistema que acumule los lixiviados en las bases internas de los taludes de las plataformas del Botadero. Los canales se calcularán teniendo en cuenta el caudal máximo de lixiviado y el de agua de escorrentía. Y que para evaluar los flujos diarios de lixiviado, son necesarios, datos meteorológicos como precipitación, temperatura, radiación solar y evapotranspiración; que son valores requeridos para el cálculo del grado de infiltración y lavado de material a ser lixiviado. Con los datos anteriores se realiza el balance hidrológico superficial estableciendo la proporción de lluvia infiltrada y evaporada o evapotranspirada, renovando la humedad dentro del Botadero.

En la materia orgánica que constituye el residuo se diferencian tres fracciones, atendiendo a su capacidad de hidrolización (inerte, lentamente hidrolizable y rápidamente hidrolizable). Para cada componente primario (papel, cartón, residuos de comida, madera, textiles, goma y cuero, residuos de poda, materiales celulósicos, plásticos, vidrio, metales y otros inorgánicos).

Los ajustes del diseño del nuevo vaso establecen que se debe tener en cuenta, la proporción que representa dentro del volumen total de residuos, su fórmula química (contenido en C, H, N, O, S y cenizas), de ser posible, la naturaleza de su degradabilidad (si es lenta o rápidamente hidrolizable o, por el contrario, inerte) y las fracciones de residuo total que son hidrolizables y biodegradables. Éste último factor establece la parte que finalmente puede ser convertida en biogás. Las siguientes ecuaciones químicas presentan la forma como se realiza una hidrólisis preliminar para generar la mayor parte del agua, a consecuencia de las reacciones bioquímicas de hidrólisis primaria



Donde el subíndice 1 en CaHbOcNd indica materia orgánica biodegradable disuelta y el subíndice 2 los materiales orgánicos lentamente biodegradables. Para hacer válidas las ecuaciones estequiométricas antes referenciadas, es necesario tener en cuenta que componentes forman la materia orgánica biodegradable

RESOLUCIÓN No. 2357
29 DIC. 2023

disuelta y los materiales orgánicos lentamente biodegradables y no biodegradables. Para este fin, es necesario tener en cuenta la formulación de una serie de componentes típicos de los residuos sólidos (tabla 4)

Tabla 4. Formulación empírica por componente

Componente		Descripción	Fórmula empírica
Carbono	CL	Cadenas cortas de C (monosacáridos,)	C5H12O6
Nitrógeno	CNL	Cadenas cortas con C y N (aminoácidos,)	C3H7O2N
Carbono polimerizado	CP	Polímeros (almidón, celulosa, hemicelulosa,)	n1(C5H10O5)
Carbono altamente resistente	CR	Cadenas carbonatadas complejas (ligninas)	n4(C20H30O6)
Nitrógeno polimerizado	CNP	Proteínas y otros compuestos con C y N.	n2(C3H5ON)
MOE	CNMO E	Materia orgánica estable	n3(C12HxOyN)

Fuente: Moduelo, 1998

NOTA: Para cada componente involucrado en las reacciones bioquímicas anaeróbicas presentes en el proceso de degradación biológica.

Para la primera ecuación se tendrá en cuenta las cadenas cortas con carbono y nitrógeno aminoácidos (C3H7O2N)



Para la segunda se utiliza el componente nitrógeno polimerizado n2(C3H5ON) con n=2



Donde el 65% de los residuos generados en los municipios beneficiados con la disposición final en el Botadero Marmolejo, son orgánicos biodegradables y un 11% son orgánicos con degradación lenta. Por cada tonelada de basura dispuesta en el Botadero se produce:

$$1 \text{ Ton basura} \times \underline{0,65 \text{ ton residuos biodegradables}} = 0,65 \text{ ton material biodegradable}$$

$$1 \text{ Ton basura}$$

$$1 \text{ Ton basura} \times \underline{0,11 \text{ ton residuos degradación lenta}} = 0,11 \text{ ton material degradación lenta}$$

$$1 \text{ Ton basura}$$

$$0,65 \text{ Ton Mat biodegradable} \times \underline{1 \text{ Ton mol } C_3H_7O_2N} \times \underline{2 \text{ Ton mol } H_2O} \times \underline{18 \text{ Ton } H_2O}$$

$$89 \text{ Ton mol} \quad 1 \text{ Ton mol } C_3H_7O_2N \quad 1 \text{ Ton mol } H_2O$$

$$= 0,263 \text{ ton } H_2O$$

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

$0,11 \text{ Ton Mat deg lenta} \times 1 \text{Ton mol C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_2 \times \frac{5}{2} \text{Ton mol H}_2\text{O} \times 18 \text{Ton H}_2\text{O}$
 $178 \text{Ton mol} \quad 1 \text{Ton mol C}_6\text{H}_{14}\text{O}_4\text{N}_2 \quad 1 \text{Ton mol H}_2\text{O}$
 $= 0,028 \text{ ton H}_2\text{O}$

En total se produce 0,29 toneladas de agua por cada tonelada de basura dispuesta en el Botadero.

- **Cálculo De La Generación De Lixiviados Método Thornthwaite**

De acuerdo con la información que se posee de la generación y disposición de residuos para el área dispuesta para la construcción de las nuevas celdas, se ha desarrollado una tabla de proyecciones teniendo en cuenta la cantidad de residuos generados actualmente y la futura población urbana. Igualmente se tiene en cuenta los resultados obtenidos en las reacciones anteriores, para la generación de agua a consecuencia de los procesos bioquímicos de degradación. Es importante aclarar que, dentro de la dinámica de descomposición biológica, se presentan unos fenómenos que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Agua generada por reacción química

Antigüedad	Eficiencia de descomposición	Cantidad de agua generada por tonelada de basura.
1 año	5%	$0,29\text{ton} \times 0,05 = 0,0145$
Dos años	40%	$0,29\text{ton} \times 0,4 = 0,116$
Tres años	30%	$0,29\text{ton} \times 0,3 = 0,087$
Cuatro años	15%	$0,29\text{ton} \times 0,15 = 0,0435$
Cinco años	5%	$0,29\text{ton} \times 0,05 = 0,0145$
Mayor a 5 años	0,5% cada año	$0,29\text{ton} \times 0,05 = 0,0145$

Fuente. Moduelo, 1998

En la tabla anterior se observa que el 90% de la degradación se realiza desde el segundo hasta el quinto año. Para mayor antigüedad las degradaciones son leves, aproximadamente 0,5%.

Para calcular el balance hídrico son necesarias las siguientes consideraciones: El balance hídrico se utiliza para realizar el cálculo del agua que ingresa y sale de la zona de disposición, lo que se infiltra posiblemente se convierta en lixiviado, después de saturar el terreno. Los cálculos de este balance parten de una evaluación a partir del modelo simplificado de la USEPA, presentado por Qian, Xuede. Koerner Robert M, Gray, Donald H. GEOTECHNICAL ASPECTS OF LANDFILL DESIGN AND CONSTRUCTION, Prentice Hall. 1981. Gray (Gray, 1983).

$$Q = (P - ETP_{Real} + EXCESOS)A - \Delta A + HR_x + \Delta LP$$

Donde:

P: Precipitación cm

ETPREAL: Evapotranspiración real cm A: Área del Botadero sanitario en m²

ΔA : Consumo de agua para procesos biológicos descomposición residuos sólidos.

RESOLUCIÓN No **2357**

29 DIC. 2023)

Δ RX: Producción de agua por descomposición de residuos sólidos

Δ LP: Retención temporal de líquidos debido a la capacidad de retención de los sólidos y cobertura.

El cálculo del balance hídrico está basado en la aplicación de la ficha hídrica, la cual contempla varios parámetros.

A continuación, se mostrará la forma de obtener cada uno de los parámetros contemplados dentro de la ficha hídrica, tomando en cuenta los valores climatológicos promedio en milímetros tomados de la estación del aeropuerto de Quibdó, donde se promedió los resultados obtenidos para 40 años entre 1980 y 2020. (2. Qian & Koerner R. M & Gray, (Gray, 1983).).

Los resultados de la climatología básica para el cálculo de lixiviados producidos se presenta en la tabla 6

Tabla 6. Precipitación en el municipio de Quibdó

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Medio anual
1980	831.2	340	347.2	435.6	1010.7	842.5	730.3	571.3	648.9	611.4	671.5	570	7610.6
1981	501.2		855.9		411.4		806.9	951.4		630.3		605.5	4762.6
1982	648		419.5		552.9		921.7	747.3		419.1		567.2	4275.7
1983	160.4	289.9	757	603.9	771.7	672.5	734.3	541.8	1333.7	690.5	544.2	656.1	7756
1984	592.9	716.5	535.8		847.3	895.9	909.4	851	759	754.2	904.1	868.8	8634.9
1985	515.8	287.8	502.5	833.4	783.8	682.1	761.2	865.8	609.2	624.2	582.7	514.2	7562.7
1986	245.6	319	350.2	900.3	700.1	1129.8	544.3	619.1	440.8	736.9	597.5	247.9	6831.5
1987	312.9	317.4	631.3	854	854.3	628.8	1292.6	843	485	534.3	838.2	504.1	8095.9
1988	686.6	569.5	382.3	738.1	382.7	536.7	1166.8	946.8	711.7	589.5	826.9	892.3	8429.9
1989	682.8	531.9	296.4	563.5	438.3	836.7	584.7	707.3	659.9	868.7	522.1	588.3	7280.6
1990	583.3	509.6	711.8	535.4	589	394.1	548.5	1103.6	761.2	645.5	876.1	554.9	7813
1991	418.2	319.9	463	377	718.2	542.4	861.6	955.4	706.8	315.8	727.8	689.3	7095.4
1992	469.7	300.	258.	376.3	741.2	485.4	916.4	619	1014.	552.	468.8	617.4	6819.9

RESOLUCIÓN No

2357

(29 DIC. 2023)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Medio anual
		1	8						3	5			
1993	638.2	447.3	646	701.2	851.7	777.7	727.8	565	563.6	701.8	344.6	464.4	7429.3
1994	415.5	378.6	392.2	798.4	830.3	880.3	875.8	1004.8	473.7	687.9	879.6	524.7	8141.8
1995	370	407.8	410.5	668.4	1057.8	615.6	798.4	645.6	780.5	531.4	955.7	449.1	7690.8
1996	919.3	668.2	651.4	875.2	739.8	987.8	960.1	876.4	627.8	610.2	596.6	694.7	9207.5
1997	708.6	781.4	178.9	562.6	659.8	726.3	428.5	664.7	510.2	405.1	442.1	298.9	6367.1
1998	207.2	646.9	317.1	646.4	614	733.8	816.8	752.1	581.9	588.1	520.6	579.1	7004
1999	525	545.6	750.8	753.3	576.3	676.7	935.8	974.1	825.1	569.6	778.5	650.2	8561
2000	411	700.2	649.2	825.3	846.5	923.1	806.5	823.3	656.1	635.5	744.9	735.3	8756.9
2001	711.4	238.5	514.2	629.4	1036.5	631.9	523.5	1478.4	765.1	407.7	1118.9	703	8758.5
2002	506.9	239.9	454.1	1030.1	561.6	656.5	1093.8	808	829.5	459.7	663.6	647.4	7951.1
2003	419.6	444.7	637.6	504.8	955.9	759.7	1086.1	758.4	663.1	746.8	538.3	589.8	8104.8
2004	382	460.4	543.1	685.5	926.7	675	673	902.7	436	569.2	490.6	556	7300.2
2005	589.5	741.6	829.9	1228.2	587.9	636.4	428.3	727.9	633.5	582.9	582.4	565.6	8134.1
2006	978.7	708.8	516.3	532.3	804.5	794.7	978.1	1028.6	942.1	760.2	610.4	973.7	9628.4
2007	757.3	317.7	690.8	800.2	942.2	1338.8	681.6	1046.8	849	647.6	751.9	611.6	9435.5
2008	658.2	698	404	769	745.8	1010.2	989.9	677	621.9	752.8	630.7	981.5	8939
2009	1006.7	457.5	614	592.4	565.3	718.9	886.4	1494.4	865.2	595.3	546.7	659.2	9002

RESOLUCIÓN No. 2357

29 DIC. 2023

()

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Medio anual
2010	203.5	363.4	891.2	759.2	667.1	828	678.9	1040.7	721.1	669.6	836.3	1163.1	8822.1
2011	622.5	375.1	642.4	521.9	1096.8	843.3	1216.4	629	609.4	652.3	442.9	942	8594
2012	1061	535.4	505	508.9	636.5	869.1	768.5	745.3	699.4	292.6	781.5	878.8	8282
2013	413.2	586	552.1	402.7	618.7	797	1123.6	1085.1	667.5	597.8	533.5	603.6	7980.8
2014	469.7	583.4	748.2	605.7	660.1	833.8	804.3	671.5	729.2	517.6	830	768.6	8222.1
2015	800.4	557.1	599.9	469	845.2	717.5	536	780.9	735.4	581.3	401.8	383.7	7408.2
2016	299.9	288.3	375	890.1	629.5	642.2	973.2	904.5	573	462.1	713.9	538.4	7290.1
2017	420.7	338.4	719.1	559.9	552.7	741.2	1490.1	846.5	724.5	599.9	834.1	709.2	8536.3
2018	845.1	426.4	621.3	467.7	633.4	977.8	735.5	781.1	628.4	411	828.1	756	8111.8
2019	190	509.6	190.6	443.5	1035.7	731.6	1052		721.3	835.3	732.7	984.7	7427
2020	831.2	340	347.2	435.6	1010.7	842.5	730.3	571.3	648.9	611.4	671.5	570	7610.6
PRO ME DIO	557.4	474.4	535.4	659.2	741.4	751.6	836.7	842.8	696.1	596.1	676.1	657.2	7781.8

Fuente: IDEAM, Consolidado precipitaciones totales por mes Estación aeropuerto Quibdó 1980-2020, 2020

En este caso también se requiere de datos mensuales de temperatura (tabla 6).

Tabla 6. Temperatura promedio Estación climatológica Aeropuerto Quibdó

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Medio anual
27	27.5	27.3	26.6	26.2	25.8	25.6	25.9	26.4	26.6	26.7	26.8	26.5

Fuente: IDEAM, Promedio de temperatura estación aeropuerto de Quibdó 2000 - 2020

Este parámetro se obtiene a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$ETP\ corregida = ETP\ sin\ corregir * Factor\ fotoperiodo.$

RESOLUCIÓN No 2357
(29 DIC. 2023)

Esta fórmula implica que ha de contarse con la ETP sin corregir de cada mes, por lo que adicionalmente se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{ETP sin corregir: } 1,6 \left[\frac{10 * \text{temperatura de cada mes}}{\sum i} \right]^{\delta}$$

Donde:

$$\delta: 0,49239 + (0,1792 * i) - ((7,71 * 10^{-5}) * i^2) + (6,50 * 10^{-7}) * i^3$$

i: Índice calórico mensual

En vista de que se desconoce el índice calórico de cada mes, es necesario efectuar el cálculo de este, operando la siguiente fórmula:

Índice calórico mensual (i):

$$i: \left[\frac{\text{Temperatura de cada mes}}{5} \right]^{1,514}$$

Los resultados se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Índice calórico según datos de la estación Aeropuerto Quibdó

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio anual
12.8	13.2	13.0	12.5	12.2	11.9	11.8	12.0	12.4	12.5	12.6	12.7	150.19
5	1	7	6	8	9	5	6	2	6	3	0	

Fuente: Urbaser, 2022

Con los valores estimados del índice calórico mensual es posible estimar el valor de δ , tal como se muestra en la tabla 8

Tabla 8. Gamma

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio anual
2.78	2.84	2.82	2.73	2.68	2.63	2.60	2.64	2.70	2.73	2.74	2.75	2.72

Fuente: Urbaser, 2022

De esta manera al obtener el valor de δ y la sumatoria de cada índice calórico mensual, es posible aplicar la fórmula de la ETP sin corregir y hallar este parámetro. Los resultados que se resumen en la tabla 9.

Tabla 9. ETP sin corregir

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio anual
81.7	89.4	86.2	76.1	71.0	66.3	64.1	67.5	73.5	76.1	77.5	78.8	908.2

Fuente: Urbaser, 2022

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

Finalmente, al calcular la ETP sin corregir es posible estimar la ETP corregida; para ello solo se requiere conocer el factor fotoperiodo, el cual es una constante que va a depender de la latitud del lugar. En la tabla 10, se muestra el factor fotoperiodo.

Tabla 10. Factor fotoperiodo

En e	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Se p	Oct	No v	Dic	Medio anual
1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01	1.02

Fuente: Urbaser, 2022

El cálculo de la evaporación corregida se muestra en la tabla 11.

Tabla 11 ETP corregida

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio anual
85.0	84.0	89.6	76.9	73.9	67.0	66.7	70.2	74.2	79.2	78.2	79.6	924

Fuente: Urbaser, 2022

Capacidad de almacenamiento del suelo (reserva): En caso de que en el sitio donde se efectuará un balance hídrico no exista algún estudio de suelo, se asumirá una capacidad de almacenamiento de 20 cm, aunque lo ideal sería contar con el valor real de la capacidad de almacenamiento del suelo.

- **Calculo Balance Hídrico**

El cálculo del balance hídrico se comienza a partir del mes siguiente al mes con mayor precipitación (clima húmedo), asumiéndose una capacidad de almacenamiento del suelo de 20 cm, el balance hídrico está basado en los siguientes casos:

- Si el balance es mayor de 20, la reserva será 20, el resto será el exceso de agua y el déficit de agua será igual a cero
- Si el balance es menor de 20, la reserva será el resultado del balance y el exceso y el déficit de agua será igual a cero.
- Si el balance es menor de cero, la reserva y el déficit será igual a cero, mientras que el déficit de agua será el resultado del balance, pero con signo positivo.
- Reserva= 20 (en caso de que se desconozca el valor real), si el balance es >20, la reserva seguirá siendo igual a 20; si el balance es <20 pero > 0, la reserva será igual al resultado del balance; si el balance es < 0, la reserva será igual a 0.
- Balance hídrico = Precipitación mes actual - ETP mes actual
- Variación de reservas = Reserva mes anterior + Precipitación mes actual - ETP mes actual
- Variación de la reserva= Reserva mes actual - Reserva del mes anterior.
- Déficit de agua= Si el balance es < 0, el déficit será el resultado del balance, pero con signo positivo, pero si el balance es > 0, el déficit será 0.
- Exceso de agua= Si el balance es >20, el exceso será igual a la diferencia entre el balance y 20; si el balance es <20, pero > 0, el exceso será 0.
- Escurrimiento (cm): En este caso se suman el exceso de agua del mes anterior con el exceso de agua del mes actual y se divide entre 2.

La tabla 12. presenta los resultados de los cálculos de reservas, variación de reservas, déficit, excesos y escurrimiento

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

Tabla 12. Resultados balance hídrico

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Reservas iniciales	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Variación de la reserva	67.2 5	59.0 4	64.5 8	78.2 3	86.7 5	88.4 6	97.0 0	97.2 6	82.1 8	71.6 9	79.7 8	77.7 6
Déficit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Excesos	47.2 5	39.0 4	44.5 8	58.2 3	66.7 5	68.4 6	0.00	0.00	62.1 8	51.6 9	59.7 8	57.7 6
escurrimiento	52.5 0	43.1 4	41.8 1	51.4 1	62.4 9	67.6 1	34.2 3	34.2 3	31.0 9	56.9 4	55.7 4	58.7 7

Fuente: Urbaser, 2022

Drenaje (l/s-km²): Es equivalente a la cantidad de agua que escurre en el área de disposición en función del área de esta y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Drenaje (l/s-km}^2\text{)} = \left(\frac{\text{escurrimiento (cm)} \times 1 \text{ m} / 100 \text{ cm} \times 1000000 \text{ m}^2 / \text{km}^2}{\text{días del mes} \times 86400} \right) \times 1000 \text{ l} / \text{m}^3$$

Caudal drenado (lps): Es el caudal que conforma la zona de disposición al multiplicar el drenaje por el área de la zona de disposición, en km².

Los resultados de la infiltración dentro de las celdas de disposición se presentan en la tabla 13

Tabla 13. Promedio infiltración de agua en cada una de las celdas del Botadero sanitario

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio
Drenaje l/s-km ²	68.61	62.4 2	54.6 4	69. 42	81.6 6	91.2 9	44.7 3	44.7 3	41.9 8	74.4 1	75.2 6	76. 80	65.5
Caudal drenado LPS para área 18000m ²	1.41	1.28	1.12	1.4 3	1.68	1.88	0.92	0.92	0.86	1.53	1.55	1.5 8	1.35

Fuente: Urbaser, 2022

Este caudal se genera por hidro climatología. Este caudal está ligado al ingreso directo de las precipitaciones en la celda de disposición. Se incluye una infiltración del 40% de la lluvia que llega al suelo, debido a la implementación de cunetas perimetrales y coberturas intermedias con material arcilloso que reduce la infiltración de agua lluvia en la celda de disposición. El área de drenaje es de 18000m².

El componente producción de agua por descomposición de residuos sólidos (ΔRX) se presenta en la tabla 14.

RESOLUCIÓN No _____

29 DIC. 2023)

Donde la generación de agua por reacciones bioquímicas se calcula mediante la siguiente ecuación:
Toneladas de RSO x factor x 0,207 Ton H₂O/Ton basura.

Tabla 14. Producción de lixiviados

PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS A LARGO PLAZO		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
AÑO	TON/AÑO	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO
		0.0145	0.1165	0.0874	0.0435	0.0145	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
2022	27,002	297.6	2380.5	1785.4	892.7	297.6	148.8	148.8	148.8	148.8	148.8
2023	27,225		300	2400.1	1800.1	900.1	300	150	150	150	150
2024	27,447			304.9	2439.4	1829.5	914.8	304.9	152.5	152.5	152.5
2025	27,670				307.4	2459	1844.2	922.1	307.4	153.7	153.7
2026	27,892					307.4	2459	1844.2	922.1	307.4	153.7
2027	28,115						309.8	2478.6	1858.9	929.5	309.8
2028	28,337							312.3	2498.2	1873.6	936.8
Totales ton H ₂ O/año		298	2681	4490	5440	5793	5977	6161	6038	3715	2005
Mas humedad existente		10180	10264	10348	10431	10515	10599	10683	8546	6837	5470
Menos agua consumida producción de gas		2182	2200	2218	2236	2254	2272	2290	1832	1466	1172
Menos agua evaporada saturación del		0	17	34	50	65	79	93	105	118	130

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

gas											
Total balance		8295	10727	12586	13585	13990	14225	14462	12647	8969	6173
Caudal Ips		0.26	0.34	0.4	0.43	0.44	0.45	0.46	0.4	0.28	0.2
Hidrología Celda		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
TOTAL		1.61	1.69	1.75	1.78	1.79	1.8	1.81	1.75	1.63	1.54
Producción de lixiviados a largo plazo		2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
AÑO	TON/AÑO	11 AÑO	12 AÑO	13 AÑO	14 AÑO	15 AÑO	16 AÑO	17 AÑO	18 AÑO	19 AÑO	20 AÑO
		0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
2022	27,002	148.8	148.8	148.8	148.8	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9
2023	27,225	150	150	150	150	150	15	15	15	15	15
2024	27,447	152.5	152.5	152.5	152.5	152.5	152.5	15.2	15.2	15.2	15.2
2025	27,670	153.7	153.7	153.7	153.7	153.7	153.7	153.7	15.4	15.4	15.4
2026	27,892	153.7	153.7	153.7	153.7	153.7	153.7	153.7	15.4	15.4	15.4
2027	28,115	154.9	154.9	154.9	154.9	154.9	154.9	154.9	154.9	154.9	15.5
2028	28,337	312.3	156.1	156.1	156.1	156.1	156.1	156.1	156.1	156.1	156.1
Totales ton H2O/año		1226	1070	1070	1070	936	801	664	525	387	247
Mas humedad existente		4376	3501	2800	2240	1792	1434	1147	918	734	587
Menos agua consumida producción de		938	750	600	480	384	307	246	197	157	126

RESOLUCIÓN No **235744**
29 DIC. 2023)

gas										
Menos agua evaporada	141	151	162	172	181	190	198	206	214	222
saturación del gas										
Total balance	4523	3668	3108	2658	2163	1738	1367	1040	750	487
Caudal lps	0.14	0.12	0.1	0.08	0.07	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Hidrología Celda	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
TOTAL	1.49	1.46	1.45	1.43	1.42	1.4	1.39	1.38	1.37	1.36

Fuente: Urbaser, 2022

El caudal de lixiviado por reacción biológica se calcula así:

$$\text{Caudal lixiviado rx biológica lps} = \text{Totales Ton H}_2\text{O/año} / 1 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ año} / 3157056 \text{ segundos} \times 1000 \text{ litros/1m}^3$$

El caudal total es el resultado de la suma del caudal producido por reacciones biológicas y el caudal producido por hidrología.

Donde la generación de agua por reacciones bioquímicas se calcula mediante la siguiente ecuación:
Toneladas de RSO x factor x 0,207 Ton H₂O/Ton basura.

El caudal de lixiviado por reacción biológica se calcula así:

$$\text{Caudal lixiviado rx biológica lps} = \text{Totales Ton H}_2\text{O/año} / 1 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ año} / 3157056 \text{ segundos} \times 1000 \text{ litros/1m}^3$$

El caudal total es el resultado de la suma del caudal producido por reacciones biológicas y el caudal producido por hidrología. Los resultados de producción de lixiviados se presentan en la Figura 4

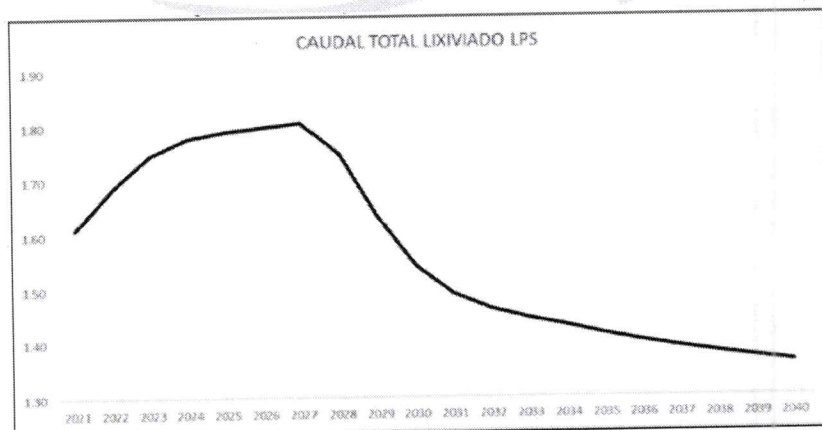


Figura 4. Producción de lixiviados dentro del botadero Marmolejo

Fuente: Urbaser, 2022

De acuerdo con la gráfica anterior el caudal máximo a tratar tiene un caudal mínimo de 1.36 l/s, un promedio

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023

Caudal Mínimo LPS	1,36
Caudal Medio LPS	1.58
Caudal Máximo LPS	1.80

de 1.58 lps y un caudal máximo de 1.83 lps.

➤ **Cálculo de la carga contaminante**

Para el diseño del sistema de tratamiento de lixiviados se utilizaron los criterios de caudal, temperatura y DQO, DBO5 y SST, como se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Características Lixiviado URBASER

PARAMETRO	UNIDAD	PROMEDIO
DBO5 esperada a la entrada del STL	Mg/L	4000
DQO esperada a la entrada del STL	Mg/L	6667
SST esperada a la entrada del STL	Mg/L	700

Fuente: Urbaser, 2022

La carga contaminante se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Carga (kg/día)} = \text{Caudal (lps)} \times \text{Concentracion(mg/L)} \times 0,0864$$

$$\text{Carga (kg/día)} = \text{Caudal lps} \times \text{ConcentracionmgL} \times 0,0864$$

Los cálculos de la carga contaminante a ser tratada se presentan en la Tabla 16

Tabla 16. Cálculo carga contaminante a ser tratada

PARAMETRO	UNIDAD	PROMEDIO	Caudal (lps)	Carga (kg/día)
DBO5 esperada a la entrada del STL	Mg/L	4000	2	691.2
DQO esperada a la entrada del STL	Mg/L	6667	2	1152.1
SST esperada a la entrada del STL	Mg/L	700	2	121.0

Fuente: Urbaser, 2022

Los resultados del cálculo del caudal de lixiviado se presentan entre las Tabla 17 y la Tabla 27 en las cuales se analiza la producción mensual durante 10 años de proyección

Tabla 17. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2022.

Año	mes	lixiviados m³/mes	m³ gas a c.d.s.	lixiv totales m³/mes	ton acumul	espesor de la cobertura cm	percolados l/mes	lixivias m³/mes	evap m³/mes	área expuesta m² al mes	hacera ton	Lixiviados ips	Acumulado lixiviados ips
2022	1	3.32	6.704	93.96	3.327	129.9	90.643	557.40	71.40	220	2327.2	0.01478	0.01
	2	6.00	12.110	84.41	4.429	96.0	76.410	474.41	54.00	220	2102.0	0.01544	0.03
	3	3.96	20.111	97.13	6.756	106.7	87.217	535.43	67.80	220	2327.2	0.01674	0.05
	4	12.85	25.950	119.39	9.009	129.1	106.536	656.23	88.00	220	2282.1	0.02140	0.07
	5	16.80	33.518	138.49	11.316	147.7	121.897	741.98	87.80	220	2327.2	0.02440	0.09
	6	19.27	36.925	143.24	13.688	150.3	123.971	751.59	86.90	220	2282.1	0.02557	0.12
	7	23.24	44.926	160.08	15.915	165.9	136.841	836.70	103.00	220	2327.2	0.02911	0.15
	8	26.55	53.629	166.45	18.242	169.6	139.899	842.80	92.70	220	2327.2	0.03081	0.18
	9	26.91	58.397	141.73	20.494	156.7	112.517	696.09	93.20	220	2292.1	0.02856	0.21
	10	33.19	67.037	128.69	22.822	112.3	93.496	596.11	94.80	220	2327.2	0.02836	0.23
	11	35.34	71.392	146.13	25.074	134.3	110.900	676.07	82.00	220	2282.1	0.03073	0.26
	12	39.60	80.444	150.00	27.401	133.5	110.172	657.21	66.50	220	2327.2	0.03133	0.30

2357

RESOLUCIÓN No

29 DIC. 2023

Tabla 18. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2023

Año	mes	lixiviados m ³ / mes	m ³ gas a C.D.S.	lixiv totales m ³ / mes	ton acumal	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvia m / mes	evap mm	área expuesta m ² al mes	basura ton	Lixiviados ips	Acumulado lixiviados ips
2023	1	3.32	6.704	93.96	2.365	109.9	90.643	557.4	71.4	220	2364.7	0.01478	0.31
	2	6.00	12.110	84.41	4.800	95.0	78.410	474.4	54.0	220	2135.8	0.01544	0.32
	3	9.96	20.111	97.18	6.865	105.7	87.217	535.4	67.8	220	2364.7	0.01674	0.34
	4	12.85	25.950	119.39	9.153	129.1	106.538	659.2	86.0	220	2364.7	0.02140	0.36
	5	16.60	33.518	138.49	11.518	147.7	121.897	741.4	87.8	220	2364.7	0.02440	0.39
	6	19.27	38.925	143.24	13.607	150.3	123.971	751.6	86.9	220	2364.7	0.02657	0.42
	7	23.24	46.926	160.08	16.171	165.9	136.841	836.7	103.0	220	2364.7	0.02911	0.44
	8	26.55	53.629	166.45	18.536	169.6	139.899	842.8	92.7	220	2364.7	0.03081	0.46
	9	28.91	58.387	141.73	20.824	136.7	112.817	696.1	91.2	220	2364.7	0.02856	0.50
	10	33.19	67.037	126.89	23.159	113.3	93.496	596.1	94.8	220	2364.7	0.02636	0.53
	11	35.34	71.362	146.13	25.477	134.3	110.800	676.1	82.0	220	2364.7	0.03073	0.56
	12	39.83	80.444	150.00	27.842	133.5	110.172	657.2	66.5	220	2364.7	0.03133	0.59

Tabla 19. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2024

Año	mes	lixiviados m ³ / mes	m ³ gas a C.D.S.	lixiv totales m ³ / mes	ton acumal	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvia m / mes	evap mm	área expuesta m ² al mes	basura ton	Lixiviados ips	Acumulado lixiviados ips
2024	1	3.32	6.704	93.96	2.403	109.9	90.643	557.4	71.4	220	2402.5	0.01478	0.61
	2	6.00	12.110	84.41	4.573	95.0	78.410	474.4	54.0	220	2170.0	0.01544	0.62
	3	9.96	20.111	97.18	6.975	105.7	87.217	535.4	67.8	220	2402.5	0.01674	0.64
	4	12.85	25.950	119.39	9.300	129.1	106.538	659.2	86.0	220	2325.0	0.02140	0.66
	5	16.60	33.518	138.49	11.703	147.7	121.897	741.4	87.8	220	2402.5	0.02440	0.68
	6	19.27	38.925	143.24	14.029	150.3	123.971	751.6	86.9	220	2325.0	0.02657	0.71
	7	23.24	46.926	160.08	16.430	165.9	136.841	836.7	103.0	220	2402.5	0.02911	0.74
	8	26.55	53.629	166.45	18.833	169.6	139.899	842.8	92.7	220	2402.5	0.03081	0.77
	9	28.91	58.387	141.73	21.158	136.7	112.817	696.1	91.2	220	2325.0	0.02856	0.80
	10	33.19	67.037	126.89	23.560	113.3	93.496	596.1	94.8	220	2402.5	0.02636	0.83
	11	35.34	71.362	146.13	25.885	134.3	110.800	676.1	82.0	220	2325.0	0.03073	0.86
	12	39.83	80.444	150.00	28.288	133.5	110.172	657.2	66.5	220	2402.5	0.03133	0.89

Tabla 20. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2025

Año	mes	lixiviados m ³ / mes	m ³ gas a C.D.S.	lixiv totales m ³ / mes	ton acumal	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvia m / mes	evap mm	área expuesta m ² al mes	basura ton	Lixiviados ips	Acumulado lixiviados ips
2025	1	3.32	6.704	93.96	2.441	109.9	90.643	557.4	71.4	220	2440.9	0.01478	0.90
	2	6.00	12.110	84.41	4.648	95.0	78.410	474.4	54.0	220	2204.7	0.01544	0.92
	3	9.96	20.111	97.18	7.086	105.7	87.217	535.4	67.8	220	2440.9	0.01674	0.94
	4	12.85	25.950	119.39	9.449	129.1	106.538	659.2	86.0	220	2362.1	0.02140	0.96
	5	16.60	33.518	138.49	11.889	147.7	121.897	741.4	87.8	220	2440.9	0.02440	0.98
	6	19.27	38.925	143.24	14.262	150.3	123.971	751.6	86.9	220	2362.1	0.02657	1.01
	7	23.24	46.926	160.08	16.599	165.9	136.841	836.7	103.0	220	2440.9	0.02911	1.04
	8	26.55	53.629	166.45	18.933	169.6	139.899	842.8	92.7	220	2440.9	0.03081	1.07
	9	28.91	58.387	141.73	21.495	136.7	112.817	696.1	91.2	220	2362.1	0.02856	1.10
	10	33.19	67.037	126.89	23.936	113.3	93.496	596.1	94.8	220	2440.9	0.02636	1.12
	11	35.34	71.362	146.13	26.296	134.3	110.800	676.1	82.0	220	2362.1	0.03073	1.15
	12	39.83	80.444	150.00	28.739	133.5	110.172	657.2	66.5	220	2440.9	0.03133	1.18

Tabla 21. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2026

Año	mes	lixiviados m ³ / mes	m ³ gas a C.D.S.	lixiv totales m ³ / mes	ton acumal	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvia m / mes	evap mm	área expuesta m ² al mes	basura ton	Lixiviados ips	Acumulado lixiviados ips
2026	1	3.32	6.704	93.96	2.480	109.9	90.643	557.4	71.4	220	2479.7	0.01478	1.20
	2	6.00	12.110	84.41	4.718	95.0	78.410	474.4	54.0	220	2239.7	0.01544	1.22
	3	9.96	20.111	97.18	7.199	105.7	87.217	535.4	67.8	220	2479.7	0.01674	1.23
	4	12.85	25.950	119.39	9.599	129.1	106.538	659.2	86.0	220	2399.7	0.02140	1.26
	5	16.60	33.518	138.49	12.078	147.7	121.897	741.4	87.8	220	2479.7	0.02440	1.28
	6	19.27	38.925	143.24	14.478	150.3	123.971	751.6	86.9	220	2399.7	0.02657	1.30
	7	23.24	46.926	160.08	16.958	165.9	136.841	836.7	103.0	220	2479.7	0.02911	1.33
	8	26.55	53.629	166.45	19.437	169.6	139.899	842.8	92.7	220	2479.7	0.03081	1.36
	9	28.91	58.387	141.73	21.837	136.7	112.817	696.1	91.2	220	2399.7	0.02856	1.38
	10	33.19	67.037	126.89	24.317	113.3	93.496	596.1	94.8	220	2479.7	0.02636	1.42
	11	35.34	71.362	146.13	26.716	134.3	110.800	676.1	82.0	220	2399.7	0.03073	1.45
	12	39.83	80.444	150.00	29.196	133.5	110.172	657.2	66.5	220	2479.7	0.03133	1.48

Tabla 22. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2027

Año	mes	lixiviados m ³ / mes	m ³ gas a C.D.S.	lixiv totales m ³ / mes	ton acumal	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvia m / mes	evap mm	área expuesta m ² al mes	basura ton	Lixiviados ips	Acumulado lixiviados ips
2027	1	3.32	6.704	93.96	2.519	109.9	90.643	557.4	71.4	220	2518.9	0.01139	1.49
	2	6.00	12.110	84.41	4.764	95.0	78.410	474.4	54.0	220	2278.1	0.01220	1.50
	3	9.96	20.111	97.18	7.213	105.7	87.217	535.4	67.8	220	2518.9	0.01348	1.52
	4	12.85	25.950	119.39	9.751	129.1	106.538	659.2	86.0	220	2437.6	0.01739	1.54
	5	16.60	33.518	138.49	12.269	147.7	121.897	741.4	87.8	220	2518.9	0.01985	1.56
	6	19.27	38.925	143.24	14.707	150.3	123.971	751.6	86.9	220	2437.6	0.02178	1.58
	7	23.24	46.926	160.08	17.226	165.9	136.841	836.7	103.0	220	2518.9	0.02430	1.60
	8	26.55	53.629	166.45	19.745	169.6	139.899	842.8	92.7	220	2518.9	0.02558	1.63
	9	28.91	58.387	141.73	22.182	136.7	112.817	696.1	91.2	220	2437.6	0.02421	1.65
	10	33.19	67.037	126.89	24.701	113.3	93.496	596.1	94.8	220	2518.9	0.02287	1.67
	11	35.34	71.362	146.13	27.139	134.3	110.800	676.1	82.0	220	2437.6	0.02646	1.70
	12	39.83	80.444	150.00	29.658	133.5	110.172	657.2	66.5	220	2518.9	0.02721	1.73

Tabla 23. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2028

RESOLUCIÓN No

235744

(29 DIC) 2023

Año	mes	lixiviados m³ / mes	m³ gas a c.d.s.	lixiv totales m³ / mes	ton acumul	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvias ... mm / mes	evap ...	área expuesta m² al mes	basura ton	Lixiviados lps	Acumulado lixiviados lps
2028	1	3.32	6.704	93.96	2.559	109.9	90.643	557.4	71.4	220	2598.6	0.00482	1.73
	2	6.00	12.110	84.41	4.870	95.0	78.410	474.4	54.0	220	2311.0	0.00572	1.74
	3	9.96	20.111	97.18	7.429	105.7	87.217	535.4	67.8	220	2568.6	0.00697	1.74
	4	12.85	25.950	119.39	9.904	129.1	106.538	659.2	86.0	220	2476.1	0.00907	1.75
	5	16.60	33.518	138.49	12.463	147.7	121.897	741.4	87.8	220	2558.6	0.01075	1.76
	6	19.27	38.925	143.24	14.939	150.3	123.971	751.6	86.9	220	2476.1	0.01232	1.78
	7	23.24	46.926	160.08	17.497	165.9	136.841	836.7	103.0	220	2598.6	0.01379	1.79
	8	26.55	53.629	166.45	20.056	169.6	139.899	842.8	92.7	220	2558.6	0.01514	1.81
	9	28.91	58.387	141.73	22.532	136.7	112.817	696.1	91.2	220	2476.1	0.01551	1.82
	10	33.19	67.037	126.69	25.091	113.3	93.498	596.1	94.8	220	2568.6	0.01588	1.84
	11	35.34	71.362	146.13	27.567	134.3	110.800	676.1	82.0	220	2476.1	0.01791	1.86
	12	39.83	80.444	150.00	30.125	133.5	110.172	657.2	66.5	220	2568.6	0.01899	1.87

Tabla 24. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2029

Año	mes	lixiviados m³ / mes	m³ gas a c.d.s.	lixiv totales m³ / mes	ton acumul	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvias ... mm / mes	evap ...	área expuesta m² al mes	basura ton	Lixiviados lps	Acumulado lixiviados lps
2029	1	3.32	6.704	93.96	30.125	109.9	90.643	557.4	71.4	220	0.0	0.01139	1.86
	2	6.00	12.110	84.41	30.125	95.0	78.410	474.4	54.0	220	0.0	0.01220	1.85
	3	9.96	20.111	97.18	30.125	105.7	87.217	535.4	67.8	220	0.0	0.01349	1.84
	4	12.85	25.950	119.39	30.125	129.1	106.538	659.2	86.0	220	0.0	0.01729	1.82
	5	16.60	33.518	138.49	30.125	147.7	121.897	741.4	87.8	220	0.0	0.01985	1.80
	6	19.27	38.925	143.24	30.125	150.3	123.971	751.6	86.9	220	0.0	0.02178	1.78
	7	23.24	46.926	23.24	30.125	165.9	0	836.7	103.0	220	0.0	0.00868	1.77
	8	26.55	53.629	166.45	30.125	169.6	139.899	842.8	92.7	220	0.0	0.02588	1.74
	9	28.91	58.387	141.73	30.125	136.7	112.817	696.1	91.2	220	0.0	0.02421	1.72
	10	33.19	67.037	126.69	30.125	113.3	93.498	596.1	94.8	220	0.0	0.02287	1.70
	11	35.34	71.362	146.13	30.125	134.3	110.800	676.1	82.0	220	0.0	0.02946	1.67
	12	39.83	80.444	39.83	30.125	133.5	0	657.2	66.5	220	0.0	0.01487	1.66

Tabla 25. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2030

Año	mes	lixiviados m³ / mes	m³ gas a c.d.s.	lixiv totales m³ / mes	ton acumul	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvias ... mm / mes	evap ...	área expuesta m² al mes	basura ton	Lixiviados lps	Acumulado lixiviados lps
2030	1	3.32	6.704	93.96	30.125	109.9	90.643	557.4	71.4	220	0.0	0.01139	1.64
	2	6.00	12.110	84.41	30.125	95.0	78.410	474.4	54.0	220	0.0	0.01220	1.63
	3	9.96	20.111	97.18	30.125	105.7	87.217	535.4	67.8	220	0.0	0.01349	1.62
	4	12.85	25.950	119.39	30.125	129.1	106.538	659.2	86.0	220	0.0	0.01729	1.60
	5	16.60	33.518	138.49	30.125	147.7	121.897	741.4	87.8	220	0.0	0.01985	1.58
	6	19.27	38.925	143.24	30.125	150.3	123.971	751.6	86.9	220	0.0	0.02178	1.56
	7	23.24	46.926	160.08	30.125	165.9	136.841	836.7	103.0	220	0.0	0.02400	1.54
	8	26.55	53.629	166.45	30.125	169.6	139.899	842.8	92.7	220	0.0	0.02588	1.51
	9	28.91	58.387	141.73	30.125	136.7	112.817	696.1	91.2	220	0.0	0.02421	1.49
	10	33.19	67.037	126.69	30.125	113.3	93.498	596.1	94.8	220	0.0	0.02287	1.46
	11	35.34	71.362	146.13	30.125	134.3	110.800	676.1	82.0	220	0.0	0.02946	1.44
	12	39.83	80.444	150.00	30.125	133.5	110.172	657.2	66.5	220	0.0	0.02721	1.41

Tabla 26. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2031

Año	mes	lixiviados m³ / mes	m³ gas a c.d.s.	lixiv totales m³ / mes	ton acumul	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvias ... mm / mes	evap ...	área expuesta m² al mes	basura ton	Lixiviados lps	Acumulado lixiviados lps
2031	1	3.32	6.704	93.96	30.125	109.9	90.643	557.4	71.4	220	0.0	0.01139	1.40
	2	6.00	12.110	84.41	30.125	95.0	78.410	474.4	54.0	220	0.0	0.01220	1.39
	3	9.96	20.111	97.18	30.125	105.7	87.217	535.4	67.8	220	0.0	0.01349	1.37
	4	12.85	25.950	119.39	30.125	129.1	106.538	659.2	86.0	220	0.0	0.01729	1.35
	5	16.60	33.518	138.49	30.125	147.7	121.897	741.4	87.8	220	0.0	0.01985	1.33
	6	19.27	38.925	143.24	30.125	150.3	123.971	751.6	86.9	220	0.0	0.02178	1.31
	7	23.24	46.926	160.08	30.125	165.9	136.841	836.7	103.0	220	0.0	0.02400	1.29
	8	26.55	53.629	166.45	30.125	169.6	139.899	842.8	92.7	220	0.0	0.02588	1.26
	9	28.91	58.387	141.73	30.125	136.7	112.817	696.1	91.2	220	0.0	0.02421	1.24
	10	33.19	67.037	126.69	30.125	113.3	93.498	596.1	94.8	220	0.0	0.02287	1.22
	11	35.34	71.362	146.13	30.125	134.3	110.800	676.1	82.0	220	0.0	0.02946	1.19
	12	39.83	80.444	150.00	30.125	133.5	110.172	657.2	66.5	220	0.0	0.02721	1.16

Tabla 27. Proyección de producción de lixiviados mensual año 2032

Año	mes	lixiviados m³ / mes	m³ gas a c.d.s.	lixiv totales m³ / mes	ton acumul	espesor de la cobertura cm	percolados l / mes	lluvias ... mm / mes	evap ...	área expuesta m² al mes	basura ton	Lixiviados lps	Acumulado lixiviados lps
2032	1	3.32	6.704	93.96	30.125	109.9	90.643	557.4	71.4	220	0.0	0.03508	1.128
	2	6.00	12.110	84.41	30.125	95.0	78.410	474.4	54.0	220	0.0	0.03489	1.09
	3	9.96	20.111	97.18	30.125	105.7	87.217	535.4	67.8	220	0.0	0.03628	1.06
	4	12.85	25.950	119.39	30.125	129.1	106.538	659.2	86.0	220	0.0	0.04609	1.01
	5	16.60	33.518	138.49	30.125	147.7	121.897	741.4	87.8	220	0.0	0.05171	0.96
	6	19.27	38.925	143.24	30.125	150.3	123.971	751.6	86.9	220	0.0	0.05526	0.90
	7	23.24	46.926	160.08	30.125	165.9	136.841	836.7	103.0	220	0.0	0.05977	0.84
	8	26.55	53.629	166.45	30.125	169.6	139.899	842.8	92.7	220	0.0	0.06215	0.78
	9	28.91	58.387	141.73	30.125	136.7	112.817	696.1	91.2	220	0.0	0.05468	0.73
	10	33.19	67.037	126.69	30.125	113.3	93.498	596.1	94.8	220	0.0	0.04730	0.68
	11	35.34	71.362	146.13	30.125	134.3	110.800	676.1	82.0	220	0.0	0.05638	0.62
	12	39.83	80.444	150.00	30.125	133.5	110.172	657.2	66.5	220	0.0	0.05601	0.57

➤ **Red de Lixiviados**

RESOLUCIÓN No _____

2357

29 DIC. 2023)

- **Red Central**

Teniendo en cuenta los ajustes del diseño del nuevo vaso en que se hace referencia a la red de filtros principales que tienen un área transversal de 1m x 1m. Estos filtros recogen el lixiviado que conduce la red de filtros secundarios y se unen en la parte más baja de la celda para permitir la evacuación de lixiviado generado. La longitud total es de 928 metros.

- **Red secundaria**

La red secundaria corresponde a filtros con un área transversal de 0,6m x 0,6m, que no tienen tubería y recogen el lixiviado de los sectores a donde llegan los filtros principales. La longitud total de estos filtros es 411 metros.

- **Metodología de construcción de la red de filtros**

Luego de instalar la geomembrana, se llena con una capa de suelo de sitio (material excavado) en la base de la celda con un espesor de 1m. sobre esta franja de tierra se instala un geotextil NT 3000 de tal manera que soporte la instalación de los filtros principales y secundarios de recolección de lixiviados. Los filtros principales estarán separados con una distancia máxima de 25 m y con una disposición homogénea en la celda. Estos filtros tienen un área transversal de 1m x 1m.

Los filtros principales, se juntan con filtros secundarios transversales que conforman la llamada "espina de pescado" los cuales tienen un área transversal de 0,6m de ancho x 0,6m de alto, los cuales se arman sobre la geotextil con malla electrosoldada, luego se llena con roca (canto rodado o de cantera) con un diámetro entre 6 y 14 pulgadas.

- **Conducción de lixiviados**

El lixiviado captado y conducido por los filtros en la celda de disposición del Botadero Marmolejo, llega a un sumidero de 2 metros de alto, 2 metros de ancho y una longitud de 40 metros, que permite recolectarlo; este es bombeado y conducido por medio de una manguera plana de 3" y de resistencia de 85 psi, hasta una distancia de 50 metros en donde se ubican las lagunas anaerobias.

- **Sump**

El sumidero o SUMP (como se referencia previamente) consiste en un gran depósito de unos 160 metros cúbicos de volumen, relleno con material pétreo de tamaños entre 6 y 12 pulgadas, a donde llega todo el lixiviado generado en la celda en operación; allí se establecen las unidades que van a facilitar el bombeo y a su vez permiten conocer la altura de lixiviado dentro de la masa de residuos, nivel que en lo posible no debe superar una altura teórica de 30 centímetros sobre la superficie de fondo del lleno, de acuerdo con la recomendación de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA); esto significa que desde el fondo de este sumidero, se podrá leer 2,3 metros en el medidor respectivo.

- **Sistema de extracción**

El uso de torretas se basa en el manejo de lixiviados propuesto, el cual tiene un sistema muy robusto de filtros principales y filtros secundarios, de tal manera que el lixiviado captado es conducido a un único sitio, denominado sump o sumidero, en donde se instalan tres tuberías novafort de 30 pulgadas, con perforaciones de 2 pulgadas iniciando con un tramo de 4 metros, de los cuales 2 m quedan embebidos en el SUMP y los dos restantes, serán el inicio del sistema del bombeo; esta tubería que se asimila a pozos de inspección está protegida por una estructura armada de piedra tipo gavión de sección de 2x2 m con material de 6" a 12"

La tubería deberá tener perforaciones de 2" cada 30 cm en sentido longitudinal y a lo largo de su perímetro; la función de estos agujeros es captar lixiviado a diferentes alturas del lleno y conservar el factor de seguridad para la estabilidad del lleno manejando un concepto de recolección de lixiviados a diferentes

alturas o terrazas y generando un sistema muy permeable y relativamente seco, con el fin de satisfacer las exigencias geotécnicas del sitio.

Estas tuberías, que se asemejan a piezómetros de gran diámetro, permiten realizar el bombeo desde el fondo del lleno, hasta una altura máxima de 19 metros; esto se logra utilizando una bomba sumergible con capacidad superior a la cantidad máxima de generación de lixiviados, se elige una capacidad de 5 litros por segundo, de tal manera que el bombeo a un tanque de regulación permita llevar a tratamiento de lixiviados, el caudal máximo calculado y el exceso es retornado al sump.

Se utilizan tres torretas como redundancia en el sistema, las cuales sirven de doble propósito. No sólo como estación de bombeo, sino también para conocer la altura de lixiviado dentro del lleno, dando como resultado una bomba de 3,5 kilowatios de potencia y diámetro de salida de 3 pulgadas, se recomienda el uso de manguera plana de tres pulgadas de acople rápido.

- Sistema de Bombeo de lixiviados al sistema de tratamiento

El sistema de bombeo que se utilizara para la impulsión de los lixiviados desde su almacenamiento en el nuevo vaso hacia las lagunas es una bomba que tiene una capacidad de 5 l/s y una cabeza de 25 m con una eficiencia del motor del 80% para esta condición.

La bomba se activa por medio de un sensor de nivel, para evitar que trabajen en seco. Su descarga se realiza a través de una tubería plana de 3" de diámetro; la diferencia entre la cota de succión y la de descarga a la laguna anaerobia es de 25m, y una longitud entre unidades de 50 m.

El sistema de bombeo funciona con una planta eléctrica diésel de salida de 9.0 Kva, 7.2 Kw y 21.2 Amp de conexión trifásica con trabajo máximo de 3 a 5 horas diarias. Con tomas monofásicos a 110V, bifásico de 200v y toma de seguridad trifásico de 220v, con arranque eléctrico y contador de horas digital para mantenimientos.

➤ MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

Para la clausura, el diseño propone el manejo de aguas lluvias por medio de zanjas perimetrales, escalonadas, cunetas en geomembrana y berma canales, estas últimas estarán ubicadas a los lados de la vía de acceso debido a que es importante que el agua lluvia de escorrentía no tenga ningún contacto con los residuos reubicados posterior al cierre, ya que deberán ser considerados como lixiviados y tratados como tal.

Este sistema de drenaje debe tener un mantenimiento periódico, ya que se pueden deteriorar con el paso del tiempo, esto producto de las condiciones climáticas adversas (figura 5)

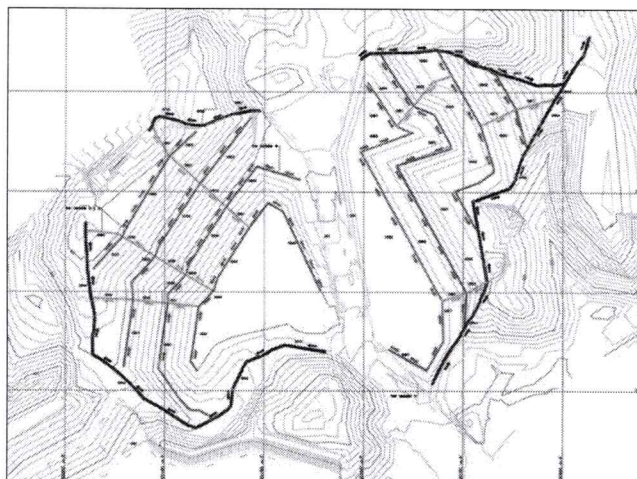


Figura 5 Manejo de aguas lluvias cierre y clausura botadero

RESOLUCIÓN No _____

19 DIC. 2023

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

El estudio hidráulico se basa en la caracterización hidráulica para el diseño de las estructuras de captación, conducción y evacuación de las aguas superficiales provenientes del predio donde se encuentra el botadero a cielo abierto.

Las estructuras básicas comprenden: canales, cunetas rápidas escalonadas y alcantarillas, cuyos criterios de diseño se describen en el presente capítulo.

➤ **PERÍODOS DE RETORNO DE LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS**

Los periodos de retorno para las estructuras hidráulicas complementarias a una vía, según lo descrito en el libro Hidrología Aplicada de Ven Te Chow, se muestra en la tabla 28.

Tabla 28 Periodo de retorno

CATEGORIA	ESTRUCTURA	PERIODO DE RETORNO
A	Cunetas, escalones de disipación y alcantarillas:	10 años
B	Box-culvert o alcantarillas de cajón:	20 años
C	Pontones:	50 años
D	Puentes	100 años

Fuente: Hidrología Aplicada de Ven Te Chow.

Por las características del proyecto, para los diseños efectuados se consideraron periodos de 10 años para las cunetas y canales.

➤ **Diseño Hidráulico De Las Cunetas Y Canales**

El diseño hidráulico de los canales en rápida depende de los sistemas de drenaje superficial existentes, así como de las condiciones topográficas, del régimen de lluvias y del área aferente de escorrentía superficial entre otras.

Los cálculos se realizaron con ayuda de la ecuación de Manning, considerando flujo uniforme y coeficientes de rugosidad de Manning de 0.020 para las cunetas revestidas en geomembrana y 0.025 las cunetas excavadas en tierra, involucrando la acumulación de material y basuras que puedan generarse, expresado en la siguiente ecuación.

$$Q = AR^{2/3} S^{1/2} / n \text{ Dónde:}$$

$$Q = \text{Caudal (m}^3\text{/s)}$$

$$A = \text{Área hidráulica (m)} \quad R = \text{Radio hidráulico (m)}$$

$$S = \text{Pendiente hidráulica (adimensional)} \quad n = \text{Coeficiente de rugosidad de Manning}$$

Para canales en tierra se fijó un umbral de velocidad de 1.50 m/s aproximadamente para el período de retorno de 10 años, para evitar que sean erosionadas, siempre y cuando el lecho y paredes posean alguna compactación que sirva de protección, en caso de que dicha velocidad sea superior, se recomienda implantar elementos que disipen la energía y reduzcan la velocidad.

- **Diseño hidráulico de las cunetas escalonadas**

Para el cálculo y diseño de las cunetas escalonadas se utilizó la teoría del número de caída expresado según la siguiente ecuación, cuyos componentes se describen en la figura 6.

(19 DIC. 2023)

El método se basa en que el flujo escalón a escalón o "nappe flow". En este caso el flujo de cada escalón sigue una trayectoria tipo jet con un lente de aire bajo la napa, golpeando la huella del escalón aguas abajo y generando un resalto hidráulico. La pérdida de energía se produce entonces por la dispersión del chorro en el aire, por la mezcla del agua en el impacto y por el desarrollo total o parcial del resalto hidráulico. La metodología para el análisis de este flujo es presentada por Chanson (1994) y Ven Te Chow en su libro de canales abiertos denominado Método del número de caída.

$D = q^2 / g h^3$ Dónde:

D = Número de caída

q = Caudal por unidad de ancho g = Aceleración de la gravedad h = Altura de la caída

Las características adicionales de los escalones se definen así:

$$L_d = 4.30 h D^{0.27}$$

$$d_p = h D^{0.22}$$

$$d_1 = 0.54 h D^{0.425}$$

$$d_2 = 1.66 h D^{0.27}$$

Siendo:

L_d = Longitud de caída, desde el muro hasta la posición de d_1 inicio del resalto (m) d_1 = Profundidad al pie de la napa o inicio del resalto (m)

d_2 = Profundidad secunete de salida correspondiente a d_1 (m) d_p = Lámina de agua al pie del escalón bajo la napa (m)

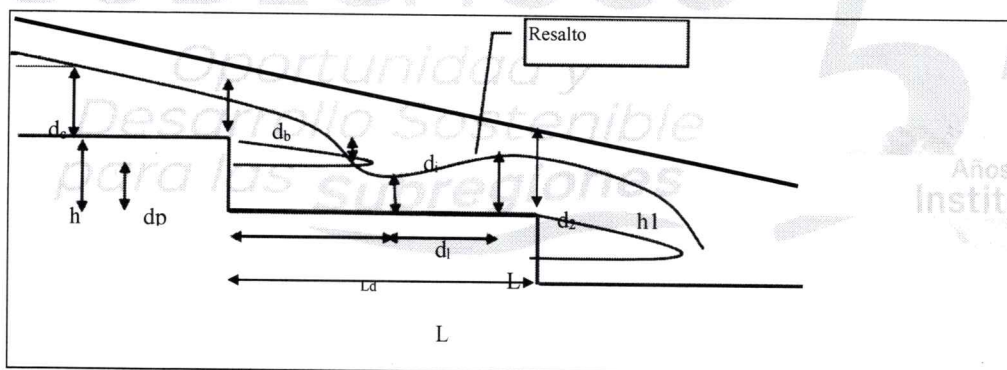


Figura 6. Detalle cuneta escalonada

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

➤ DISEÑO LAGUNA DE LIXIVIADOS

La laguna de lixiviados debe contar con una capacidad que garantice el almacenamiento por un periodo largo de tiempo, para este caso se plantea una laguna que puede almacenar por 1 mes el total del lixiviado que se produce en el vaso, la capacidad de la laguna se optimiza por la implementación de un sistema de recirculación como manejo de lixiviados.

En la tabla 29, presentan los datos de volumen de excavación y en la tabla 30 presentan los datos de volúmenes de almacenamiento

Tabla 29 Volumen de excavación

Oportunidad y Desarrollo Sostenible para las Subregiones

NIT: 899999238-5

Quibdó Carrera 1° N° 22-96 Tels.: 6711510 | contacto@codechoco.gov.co

www.codechoco.gov.co

GD-PR-01-FR-01 V.122-01-13

RESOLUCIÓN No 2357

(29 DIC. 2023)

ITEM	VOLUMEN DE EXCAVACION (m ³)
LAGUNA DE LIXIVIADOS	18870.1

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

Tabla 30 Volumen de almacenamiento

ITEM	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (m ³)
LAGUNA DE LIXIVIADOS	12789.8

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

En la figura 7 se presenta el detalle de la laguna de lixiviados

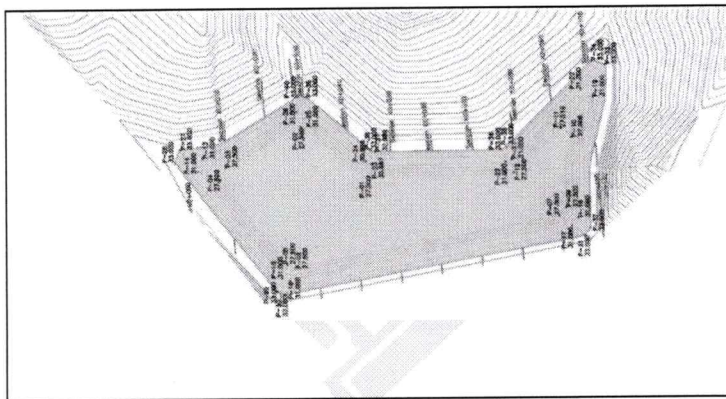
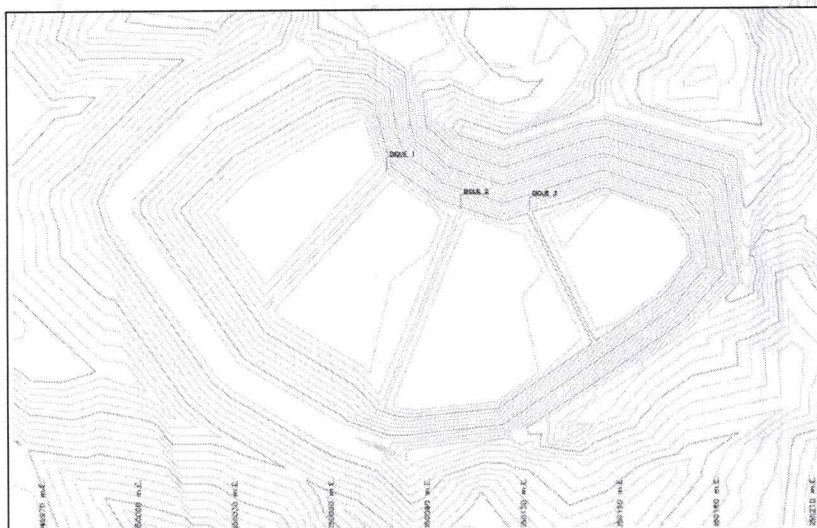


Figura 7 Laguna de lixiviados

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

➤ **DIQUES INTERMEDIOS**

El lixiviado es uno de los subproductos más importantes de la disposición final de residuos sólidos, y su generación se debe en un alto porcentaje al percolado, que es el agua lluvia que tiene contacto con los



residuos (figura 8).

Figura 8 Diques intermedios

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

RESOLUCIÓN No 2357

29 DIC. 2023

El departamento del Chocó es una de las zonas de mayor pluviosidad a nivel mundial, y por ello es necesario la implementación de un método que reduzca en grandes proporciones la producción de lixiviado, para ello se recomienda la construcción de diques intermedios dentro del vaso, para este caso se plantea el uso de 3 diques que genera 4 áreas de trabajo, inicialmente se trabaja en la área más lejana a la salida de los lixiviados, esta área se llena de manera sucesiva hacia atrás, y el agua que se deposita al costado de cada dique es bombeada hacia afuera del vaso, a un drenaje natural. Eso evita que se genere grandes caudales de lixiviado, es una medida de mitigación, ya que la contaminación de agua va a ser menor (figura 9)

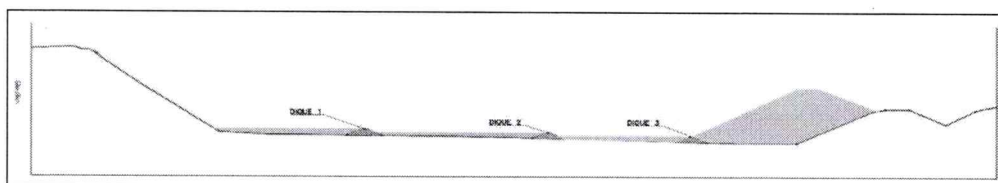


Figura 9 Perfil diques intermedios

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

➤ **Memorias de cálculo lagunas anaerobia y facultativa**

De acuerdo con lo establecido en el documento Informe 3. Selección de alternativas y con los parámetros de entrada, la tecnología seleccionada es la compuesta por Lagunas anaerobia y facultativa. A continuación, se presentan las memorias de cálculo.

- **Laguna Anaerobia**

Las lagunas anaerobias tienen profundidades entre los 3.5 – 5m de profundidad, en esta unidad la materia orgánica se convierte en ácido acético por medio de bacterias acetilénicas presentes en el lixiviado, posteriormente bacterias metanogénicas convierten ese ácido acético en gas metano, lo que permite remover DBO5 y DQO. En la Tabla 31, se presentan las memorias de cálculo de esta unidad de tratamiento.

Tabla 31. Memoria de cálculo laguna Anaerobia

Parámetro entrada Laguna Anaerobia	Valor	Unidad
Caudal	172.8	m3/día
DQO	6667	mg/l
DBO5	4000	mg/l
SST	700	mg/l
N-Total	1000	mg/l
Temperatura	25	°C
Tipo de sistema	Paralelo	
Número de sistema en paralelo	2	unidad
Caudal por laguna	86.4	m3/día
Laguna Anaerobia N1		
Carga de DBO5 por laguna	345.6	Kg de DBO5/día
Carga máxima de DBO5 en función de T(°C)	0.35	Kg de DBO5/m3*día
Volumen de una laguna	987.4	m3
Altura efectiva de la laguna	3.5	m
Área efectiva de la laguna	282.1	m2
Largo de la laguna efectiva	25.2	m
Ancho de la laguna efectiva	11.2	m
Relación Ancho/largo	2.25	adimensional
Tiempo de retención	11.43	Días
Eficiencia de remoción de DBO5 ecuación 1	70	%
Eficiencia de remoción de DBO5 ecuación 2	50	%
Promedio de Remoción de DBO5	60	%
Eficiencia de remoción de SST ecuación 2	71.3	%
DBO5 a la salida	1603	mg/l
DQO a la Salida	4581	mg/l
SST a la salida de la laguna	201	mg/l

En la Figura 10, se presenta la laguna anaerobia planteada para el Botadero Marmolejo del municipio de

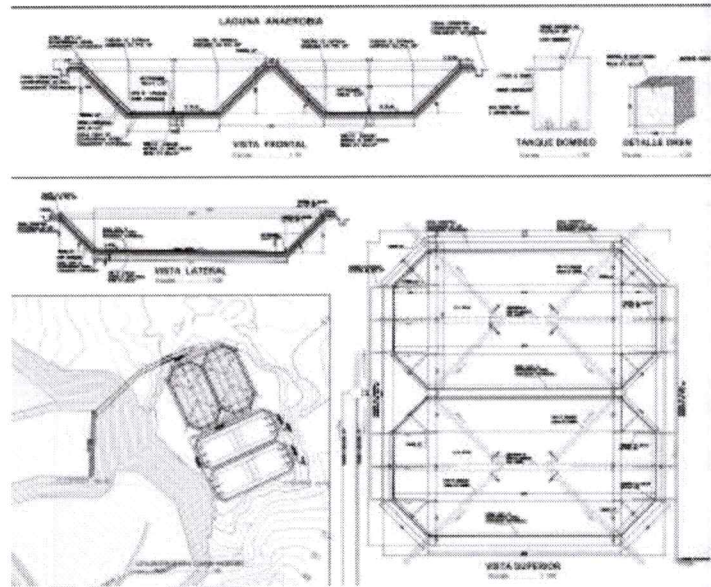
RESOLUCIÓN No _____

2357

29 DIC. 2023

Quibdó-Choco.

Figura 10. Laguna de anaerobia



- **Laguna Facultativa**

Las lagunas facultativas tienen profundidad de 1.5 a 2.5 m en ella ocurren proceso de anaerobios y aerobios, dependiendo de la altura de esta, en la parte inferior se ocurren los primeros mientras que en la parte sobrenadante los segundos, estas ocupan una mayor área con relación a las lagunas anaerobias, se recomienda la incorporación de bacterias especializadas para mejorar la eficiencia de remoción de materia orgánica en estas. En la Tabla 32 se presenta las memorias de cálculo de esta unidad. de tratamiento.

Tabla 32. Memoria de cálculo facultativa

Parámetro entrada Laguna facultativa	Valor	Unidad
Caudal	86.4	m ³ /día
DQO	4239	mg/l
DBO5	1484	mg/l
SST	201	mg/l
Temperatura	28	°C
Carga de DBO5 por laguna facultativa		
Tiempo de retención	9	día
K20	0.27	d ⁻¹
K	0.40	d ⁻¹
Salida DBO5	323	mg/l
Volumen laguna facultativa	777.6	m ³
Altura efectiva laguna facultativa	2	m
Área laguna facultativa	388.8	m ²
Largo laguna facultativa	39.44	m
Ancho Laguna facultativa	9.86	m
Relación	4	
Remoción DBO5	78.21	%
Salida DQO	1292.79	mg/l
Remoción SST	71.3	%
Salida SST	57.8	mg/l

RESOLUCIÓN No 2357
 (29 DIC. 2023)

En la Figura 11 se observan las dimensiones y diseño de la laguna facultativa tipo baffles planteada para el Botadero Marmolejo de Quibdó-Choco.

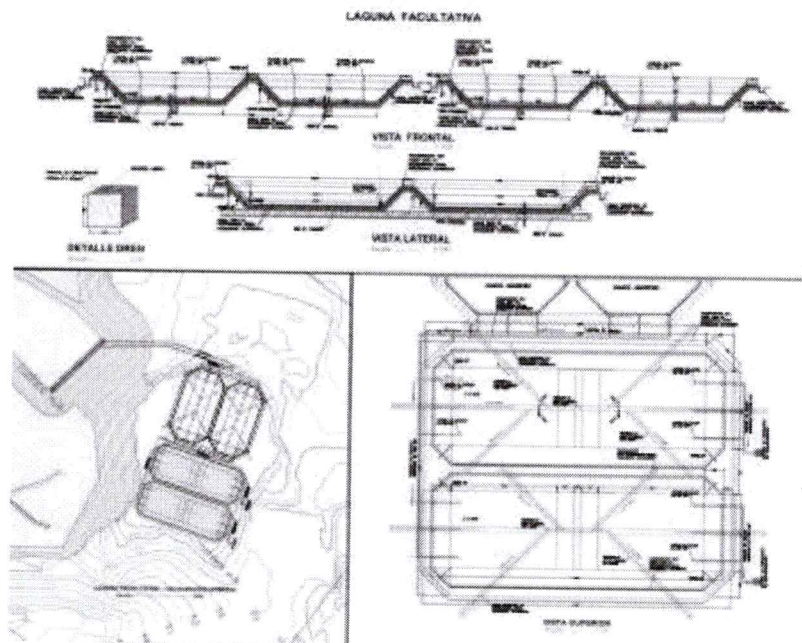


Figura 11. Laguna de facultativa

- Remoción global lagunas

En la Tabla 34 se presentan las remociones globales del sistema de lixiviados de lagunas, para el cálculo de la DQO final se usó la reacción $DBO5/DQO=0.3$ lo que significa que al final del tratamiento la DQO que queda no corresponde a materia orgánica en su mayoría. El área de tratamiento del sistema de lagunas se estima en 1933 m²

Tabla 34. Tabla de remoción del sistema de lagunas URBASER

Parámetro	unidad	Valor
Caudal de lixiviado	l/s	2
DBO5 entrada	mg/l	4000
DBO5 Salida	mg/l	323
% de remoción DBO5	%	91.92
SST entrada	mg/l	700
SST salida	mg/l	57.8
% de remoción SST	%	91.74
DQO entrada	mg/l	6667
DQO Salida (estimada en función de la DBO5 final)	mg/l	1292.79
% de remoción DQO	%	80.61

➤ **Evacuación y disposición de lodos de las lagunas de lixiviados**

La evacuación de lodos de las lagunas se realizará cada 6 meses o cada vez que estos tengan una altura superior a 50 cm, por medio de un vector. Los lodos recuperados del fondo de las lagunas serán retornados

(29 DIC. 2023)

a la masa de residuos en zona disposición operativa, de forma gradual esparciéndolos por toda el frente de trabajo junto con los residuos que se disponen.

CONCLUSIONES

La Empresa Públicas de Quibdó EPQ E.S.P. en Liquidación, solicita permiso de vertimiento para el manejo de lixiviado que se generará en el nuevo vaso de residuos sólidos del botadero a cielo abierto Marmolejo del municipio de Quibdó, en el marco del proyecto: "Optimización del servicio de aseo en el municipio de Quibdó"; del proyecto "Cierre y clausura del sitio de disposición final Marmolejo", cuyo propósito es, entre otros, construir una estructura para la disposición de lixiviados en la quebrada Marmolejo, previo pretratamiento mediante procesos físicos y químicos; obligación establecida en el artículo tercero de la resolución 0341 de 2016 "por medio de la cual se aprueba un plan de manejo ambiental" emitida por la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó-CODECHOCÓ.

Una vez revisado la información técnica presentada, se evidencia que falta información técnica importante de estudios y diseños que permitan establecer la asimilación de la carga producida en la fuente receptora y demás parámetros establecidos en el decreto 1076 de 2015 y normatividad ambiental vigente.

Por ende, una vez realizada la visita en campo el 10 de julio en la cual se evidencia que las obras para el sistema de tratamiento para el manejo de los lixiviados ya se encontraban construidas sin aprobación del permiso de vertimiento, lo cual va en contra de lo contenido en el artículo 48 "Contenido del permiso de vertimiento" numeral 9 "Relación de las obras que deben construirse por el permisionario para el tratamiento del vertimiento, aprobación del sistema de tratamiento y el plazo para la construcción y entrada en operación del sistema de tratamiento" del decreto 3930 de 2010.



Fotografía aérea Sitio de disposición final de residuos Marmolejo. 2023. SIG CODECHOCO

Respecto a lo solicitado a verter un caudal 1,4 L/s a aguas superficiales, se considera que dicho vertimiento perjudica la fuente receptora quebrada sin nombre ubicada en las coordenadas (5°42'24.21"N - 76°37'32.91" w), la cual presenta un nivel muy bajo de agua, donde se pretende realizar el vertimiento, por ello en las

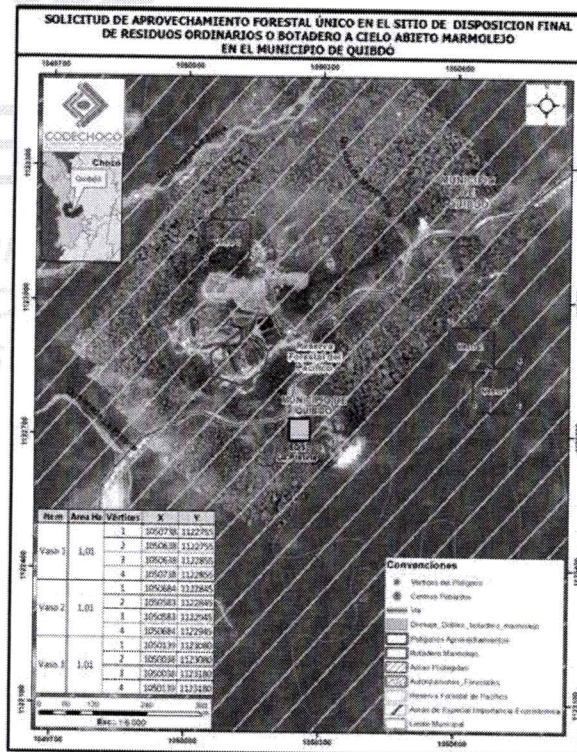
RESOLUCIÓN No 2357

29 DIC. 2023)

mesas técnicas realizadas los días 5 y 19 de septiembre de 2023, se propone establecer un nuevo sitio de vertimiento de ellas.



Además, el sitio de disposición final de residuos del municipio de Quibdó – Botadero Marmolejo, se encuentra dentro de la reserva forestal del pacífico y que las áreas donde se construyó el nuevo vaso, se encuentran dentro de ellas y no coinciden con las áreas solicitadas a CODECHOCO para aprovechamiento forestal, ocasionando impactos que se causarán a partir del corte o aprovechamiento, donde, teniendo en cuenta la diversidad de especies presentes y la homogeneidad del bosque el impacto es bastante alto. Ver el siguiente mapa.



Mapa. Localización de áreas de aprovechamiento forestal único del SDF Marmolejo

Fuente: SIG CODECHOCO 2023.

De acuerdo a lo encontrado en la visita técnica realizada y según los parámetros técnicos mencionados en el presente concepto, se determina que la solicitud de permiso de vertimiento de aguas superficiales No cumple con los requisitos técnicos de acuerdo a lo establecido por la normatividad ambiental vigente del decreto 3930 de 2010, decreto 1076 del 2015 y demás vigentes, por lo cual, la solicitud presentada por el

29 (DIC. 2023)

señor Roberto Carlos Angulo identificado con la cedula de ciudadanía No. 85.459.457, representante de la empresa de Servicios públicos de Quibdó – EPQ identificada bajo el Nit: 818000848-6; para el proyecto: “Optimización del servicio de aseo en el municipio de Quibdó”; quedaría rechazada y se solicita archivo del expediente.

Se emite concepto técnico NO FAVORABLE

Se evidenció que, al interior del Botadero a Cielo Abierto Marmolejo, se tienen habilitadas unas casetas administrativas, las cuales cuentan con unidades sanitarias, generando un vertimiento de aguas residuales de origen doméstico, sin embargo, las EPQ E.S.P. en liquidación, no cuentan con el respectivo permiso de vertimiento, ni se ha iniciado ante CODECHOCÓ, ningún trámite al respecto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a CODECHOCÓ:

- Negar el permiso de vertimiento solicitado por el señor ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ, identificado con cédula de ciudadanía número 85.459.457 de Santa Marta, representante legal de las EMPRESAS PÚBLICAS DE QUIBDÓ – EPQ E.S.P. EN LIQUIDACIÓN identificada con NIT 81800048-6, para la ejecución del proyecto denominado “Optimización del servicio de aseo en el municipio de Quibdó” y su correspondiente archivo, considerando que, la documentación técnica presentada por el solicitante, no reúne todos los requisitos normativos establecidos en el decreto 1076 del 2015 y demás normas ambientales vigentes, la cual mediante comunicado SCCA-140-16.10-2023 N° 167, del 04 de agosto de 2023, con radicado interno N° 20230804172511108, se requirió a las EPQ ESP en liquidación, su entrega en un término no mayor a 30 días, sin embargo el solicitante del permiso de vertimiento no allegó la información requerida a CODECHOCÓ.
- Aperturar proceso a que hubiere Iniciar proceso sancionatorio por el incumplimiento al artículo 48 “Contenido del permiso de vertimiento” numeral 9 “Relación de las obras que deben construirse por el permisionario para el tratamiento del vertimiento, aprobación del sistema de tratamiento y el plazo para la construcción y entrada en operación del sistema de tratamiento” del decreto 3930 de 2010.
- Aperturar proceso a que hubiere lugar de acuerdo a la ley 1333 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones”. Según lo establecido en Artículo 5°. Infracciones. Se considera infracción en materia ambiental toda acción u omisión que constituya violación de las normas contenidas en el Código de Recursos Naturales, Renovables Decreto-ley 2811 de 1974, en la Ley 99 de 1993, en la Ley 165 de 1994, y en las demás disposiciones ambientales vigentes, en que las sustituyan o modifiquen y en los actos administrativos emanados de la autoridad ambiental competente. En cuanto a construcción en área de reserva forestal sin previa autorización.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: Negar Permiso de Vertimiento a la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6, representado legalmente por el señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, para la ejecución del proyecto denominado “**Optimización del Servicio de Aseo en el municipio de Quibdó**” - Departamento del Chocó, cuya ubicación geográfica está en las coordenadas N 05° 42'32.2' - W 076° 37'28,4' .

RESOLUCIÓN No _____

2357

(29 DIC. 2023)

ARTICULO SEGUNDO: Notifíquese la presente resolución a el señor **ROBERTO CARLOS ANGULO JIMENEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía N°85.459.457 de Santa Marta, en calidad de representante legal de la empresa **EMPRESAS PUBLICAS DE QUIBDÓ - ESP EN LIQUIDACION**, identificado con el NIT 818000848-6, o quien haga sus veces al momento de la notificación, a la procuradora judicial agraria zona Quibdó y al interesado.

ARTICULO TERCERO: Contra el presente acto administrativo procede el recurso de reposición que podrá interponerse dentro de los (10) días siguientes a su notificación.

ARTICULO CUARTO: La presente resolución rige a partir de la fecha de ejecutoria.

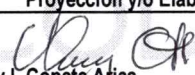
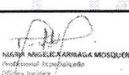

NOTIFÍQUESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Quibdó, a los

29 DIC. 2023

ARNOLD ALEXANDER RINCON LOPEZ

Director General

Proyección y/o Elaboración	Revisó	Aprobó	Fecha	Folios
 Winy L. Copete Arias Profesional Contratista	 <small>MAGISTER MAGUELA ARRIAGA MOSQUERA Profesional Especializada Oficina Jurídica</small> Angélica Arriaga Mosquera Profesional Especializado	 Yurisa Trujillo Secretaria General	Noviembre /2023	Veintiocho (28)
Los arriba firmantes, declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales y/o técnicas vigentes				