UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

PROPUESTA DE ESTUDIO PARA EL CIERRE TÉCNICO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN PASTAZA.

AUTOR(ES):

Nathaly Solange Toapanta Ramírez

Angela María Ortiz Aguirre

DOCENTE-TUTOR

Dr.C. Samaniego Guzmán Edison Oswaldo PhD

Puyo – Pastaza – Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	8/15	La explicación de los métodos de investigación utilizados es muy básica. No se explica cuáles fueron los recursos utilizados en la técnica de observación directa: check list, etc. No se mencionan los documentos revisados. ¿Se realizaron entrevistas al personal encargado del relleno sanitario? ¿Se siguió alguna metodología o normativa en el planteamiento del cierre técnico?

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	No se establece cuál es la alternativa escogida y por qué de esta selección.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	90/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PEDRO ANDRES PENAFIEL ARCOS

Pedro Andrés Peñafiel Arcos
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 11 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

Propuesta de estudio para el cierre técnico del relleno sanitario del cantón Pastaza En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	3/5	Existe algunas modificaciones, pero falta redacción.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	Existe algunas modificaciones, pero falta redacción.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple con los criterios
5. METODOLOGIA		

Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	12/15	Hay una mejora, pero aún falta organizar las ideas.
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	22/25	Existe algunas modificaciones, pero no se identifica adecuadamente la propuesta dentro de los resultados..
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	Falta mayor reflexión en los resultados
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con los criterios
VALORACIÓN TOTAL	88	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	88

Atentamente,

JESSY PAULINA GUERRERO RUBIO

Firmado digitalmente por JESSY PAULINA GUERRERO RUBIO
DN: cn=JESSY PAULINA GUERRERO RUBIO c=EC l=QUITO o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION ECIBCE
Motivo:Soy el autor de este documento
Ubicación:
Fecha:2022-08-10 22:54:05:00

MSc. Jessy Paulina Guerrero Rubio

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de agosto de 2022.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 18 de julio de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Toapanta Ramírez Nathaly Solange, con C.I. 0706436680, con el Tema: "PROPUESTA DE ESTUDIO PARA EL CIERRE TÉCNICO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN PASTAZA.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Dr.C. Edison O. Samaniego G. PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1 %, Informe generado con fecha 18 de julio de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDISON OSWALDO
SAMANIEGO GUZMAN

Dr.C. **Edison O. Samaniego G.** ***PhD***
CI: 0601811276
Docente Titular
Director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Propuesta de estudio para el cierre técnico del relleno sanitario del cantón Pastaza.docx (D142196708)
Submitted	2022-07-19 05:02:00
Submitted by	
Submitter email	amb2017335@uea.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	edison.samaniego.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **Benitez-ENSAYO (Jarrel).docx** 1
Document Benitez-ENSAYO (Jarrel).docx (D39273778)

SA **TESIS EVALUAC GIRS VINCES.docx** 1
Document TESIS EVALUAC GIRS VINCES.docx (D64866803)

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / proyecto urkund.docx** 1
Document proyecto urkund.docx (D54454305)
Submitted by: mdedecker@uea.edu.ec
Receiver: mdedecker.uea@analysis.urkund.com

SA **TESIS 1. EMfinal_URKUND.docx** 1
Document TESIS 1. EMfinal_URKUND.docx (D42378434)

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 18 de julio de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Ortiz Aguirre Ángela María, con C.I. 1600568149, con el Tema: "PROPUESTA DE ESTUDIO PARA EL CIERRE TÉCNICO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN PASTAZA.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Dr.C. Edison O. Samaniego G. PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1 %, Informe generado con fecha 18 de julio de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDISON OSWALDO
SAMANIEGO GUZMAN

Dr.C.* Edison O. Samaniego G. *PhD
CI: 0601811276
Docente Titular
Director del Trabajo de Integración Curricular

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Propuesta de estudio para el cierre técnico del relleno sanitario del cantón Pastaza.docx (D142196708)
Submitted	2022-07-19 05:02:00
Submitted by	
Submitter email	amb2017335@uea.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	edison.samaniego.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **Benitez-ENSAYO (Jarrel).docx** 1
Document Benitez-ENSAYO (Jarrel).docx (D39273778)

SA **TESIS EVALUAC GIRS VINCES.docx** 1
Document TESIS EVALUAC GIRS VINCES.docx (D64866803)

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / proyecto urkund.docx** 1
Document proyecto urkund.docx (D54454305)
Submitted by: mdedecker@uea.edu.ec
Receiver: mdedecker.uea@analysis.urkund.com

SA **TESIS 1. EMfinal_URKUND.docx** 1
Document TESIS 1. EMfinal_URKUND.docx (D42378434)

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

Propuesta de estudio para el cierre técnico del relleno sanitario del cantón Pastaza

Toapanta Ramírez Nathaly Solange[1]
amb2017335@uea.edu.ec

Ortiz Aguirre Ángela María
amb2017107@uea.edu.ec

Dr.C. Samaniego Guzmán Edison Oswaldo PhD
esamaniego@uea.edu.ec

[1]Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental

Resumen

Los rellenos sanitarios constituyen una técnica económicamente rentable y de fácil operación que las autoridades en Ecuador emplean para las etapas de almacenamiento, tratamiento y disposición final de un manejo integral de residuos sólidos en una localidad. Por disposición del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica los pasivos ambientales deben ser cerrados y los rellenos sanitarios al cumplir su vida útil deben someterse a un proceso de cierre técnico, la competencia para la ejecución de estos procesos es de los Gobiernos Autónomos Municipales Descentralizados. La investigación propone generar alternativas para el cierre técnico del relleno sanitario del cantón Pastaza o su intervención, mediante un diagnóstico realizado a partir de documentos proporcionados por la Dirección de Higiene y Salubridad del Municipio del Cantón Pastaza y una visita en las instalaciones del Relleno Sanitario, en las que se evidenció irregularidades respecto al diseño y operación. El Estudio de Impacto Ambiental y el Informe de la Tercera Auditoría del periodo abril 2017 – abril 2019 fueron los documentos más relevantes para el análisis. De acuerdo con los resultados del diagnóstico se considera la alternativa I como la más cercana a brindar una solución a la brevedad que, pese a estar condicionada por un correcto diseño y funcionamiento, plantea un aprovechamiento de la macrocelda como celda emergente que permite destinar presupuesto al diseño y construcción de una nueva con todas las aplicaciones de la normativa.

Palabras clave: Cierre técnico, relleno sanitario, alternativas

Abstract

Landfills are an economically profitable and easy-to-operate technique that the authorities in Ecuador use for the storage, treatment, and final disposal stages of a comprehensive solid waste management in a locality. By order of the Environment, Water and Ecological Transition's Ministry, environmental liabilities must be closed and sanitary landfills upon reaching their useful life must undergo a process of technical closure, and the decentralized municipal autonomous governments are responsible for carrying out these processes. The research proposes alternatives for the technical closure of the sanitary landfill in Pastaza Canton or its intervention, through a diagnosis made based on documents provided by the Hygiene and Health Department of the Municipality and a visit to the facilities, which revealed irregularities regarding design and operation. The Environmental Impact Statement and the Report of the Third Audit for the period April 2017 – April 2019 were the most relevant documents for the analysis. According to the results of the diagnosis, Alternative I is the closest to providing a solution as soon as possible, which, despite being conditioned by a correct design and operation, proposes taking advantage of the macrocell as an emerging cell that allows budget to be allocated to the design and construction of a new one with all the applications of the regulations.

Keywords: Technical closure, sanitary landfill, alternatives

1. INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales devienen de un acelerado crecimiento demográfico que, en conjunto con la reciente pandemia del covid-19, aceleran y replantean la búsqueda de soluciones más eficientes que permitan revertir las tendencias actuales hacia un futuro sostenible ONU (2020). Shah, Anagnostopoulos, Zaslavsky y Behdad (2018), sostienen que, una gestión efectiva de los residuos es muy crítica para una mejora significativa en la calidad de vida de las personas, lo que incluye una minimización de efectos ambientales negativos. En tanto que, disponer de las herramientas correctas para prevenirlos o subsanarlos equivale también a conocer tecnicismos de los distintos procesos de desarrollo de una actividad determinada. A nivel mundial, Caicedo-Concha, Sandoval-Cobo y Whiting (2016) citado

por Vaverková (2019, p.12) afirman que de un total de 80 %, únicamente un 20 % de la producción de residuos tienen lugar en vertederos controlados y correctamente diseñados.

En Ecuador, la norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, emitida por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2017), recopila los procedimientos necesarios en la gestión de residuos para áreas controladas con una vida útil de por lo menos diez años, y donde se procure ocasionar un mínimo impacto sobre aguas subterráneas, superficiales, suelo y aire. Es decir, imposibilitar la transferencia de sustancias indeseables a otros componentes del medio ambiente, pues debe existir un control regular en los sitios destinados para esta actividad (Vaverková, 2019).

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pastaza 2020 – 2030 se afirma que a un 95 % de la población se provee del servicio de recolección de desechos. Por lo tanto, la responsabilidad por el manejo en todo un sistema de gestión integral adquiere una dimensión considerable. Desde observaciones en los hábitos sobre el manejo de los desechos que la comunidad pastacense genera, y de acuerdo con la normativa vigente, se contempla una realidad apremiante en el ámbito del funcionamiento del relleno sanitario de la ciudad, dado que son acontecimientos secuenciales y que debido a las particularidades e importancia de la Amazonía requieren especial análisis para determinar un proceso acorde a las necesidades técnicas y capacidades económicas que garanticen el cumplimiento de lo que dispone la autoridad ambiental.

El bienestar de una sociedad representa un desafío fundamental para cualquier administración. Por esta razón, se propone analizar alternativas a corto y mediano plazo a implementarse en el cierre técnico del relleno sanitario para prevenir los impactos ambientales negativos relacionados con el tratamiento de los desechos sólidos generados en el cantón Pastaza. Lo cual requiere de los siguientes objetivos (i) realizar un diagnóstico de la situación actual del relleno sanitario del Cantón Pastaza, (ii) plantear alternativas para el diseño del cierre técnico del relleno sanitario.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio y distribución

El relleno sanitario del cantón Pastaza se encuentra ubicado en el Km. 7 de la vía Puyo - 10 de agosto, cuenta con una extensión de aproximadamente 40 ha., dentro del cual se han distribuido 18 áreas con actividades específicas (Fig. 1.)

Figura 1

Distribución del Relleno Sanitario



Nota. La figura muestra la fotografía aérea del Relleno Sanitario de Puyo. Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza (2019).

2.2.Tipo de Investigación

2.2.1. Método, enfoque y alcance

La metodología fue cualitativa con carácter inductivo. Ortiz (2018) detalla que, bajo este enfoque se pueden comprender procesos, cambios y experiencias a partir de similitudes halladas entre fenómenos en comparación con un fenómeno dado (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 422). En vista de que la gestión de residuos sólidos constituye como tal, un fenómeno recurrente en cualquier localidad y de acuerdo con los objetivos planteados, el alcance de la investigación es correlacional. Además, los autores mencionan que una característica que distingue a la metodología cualitativa es la flexibilidad; por lo que, los procedimientos que complementan la investigación se describen en los apartados siguientes de esta sección.

2.3. Técnicas de recolección de información

La técnica empleada para la recolección de datos fue la observación, puesto que es "formativa y constituye el único medio que se utiliza siempre en todo estudio cualitativo" (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 449).

2.4. Herramientas o servicios

La documentación sobre el relleno sanitario del cantón Pastaza fue adquirida directamente del encargado del Departamento de Higiene y Salubridad del Municipio mediante solicitud formal y, en cuanto a la búsqueda de información se utilizó bibliotecas digitales como: Directory of Open Access Journals (DOAJ) y Google Scholar con descriptores de búsqueda en español e inglés como: "relleno sanitario", "cierre técnico", "clausura", "gestión", "waste management", "landfill".

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Diagnóstico de la situación actual del relleno sanitario del cantón Pastaza

En el cantón Pastaza, el lugar de disposición de los residuos ha atravesado una serie de cambios y adaptaciones que han permitido establecer mecanismos para el tratamiento de los desechos de la ciudad. Existe documentación oficial de relevancia que ha sido desarrollada por la institución municipal con el apoyo de otros organismos como el Programa

de “Actores no Estatales y Autoridades Locales en el Desarrollo” de la Unión Europea para el Ecuador. Pese a la contribución con entidades internacionales, existen diferencias respecto de otros documentos que a primera vista se desencadenan del valor de la tasa de crecimiento anual, pues se afirma haber extraído datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos generados del último censo en el año 2010, lo cual deja un umbral de incertidumbre amplio.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 2002) el problema de la gestión de residuos también se encuentra en poblaciones y ciudades pequeñas y existen factores que pueden contribuir a incrementar su gravedad debido a condiciones como densidad poblacional y hábitos de consumo, crisis económica y las deficiencias institucionales que hacen que el gasto público sea reducido, y provoque carencias considerables en la calidad del servicio y la gestión de los desechos. Por lo que, resulta importante tener en cuenta el detalle de las cifras sobre las cuales se trabaja en beneficio del programa del Sistema Integral de Manejo de Desechos Sólidos del Cantón Pastaza, pues es un condicional para los procesos siguientes y repercute en la estimación de vida útil del proyecto.

Frente a la posibilidad de plantear soluciones a un pasivo ambiental, se realiza el documento del año 2014 denominado “Estudio de Impacto Ambiental para el Manejo de Desechos Sólidos de la Ciudad de Puyo en el Sitio del Relleno Sanitario”, como requisito previo a la obtención de la licencia ambiental, y en el cual se manejan cifras de la población urbana para la estimación de la generación per cápita (GPC) para un periodo de vida útil del proyecto de 15 años.

Si lo que se requiere es operar en el relleno sanitario en determinado periodo de años, CEPIS (2002), enfatiza la importancia del cálculo de las proyecciones referentes a la población. Para lo cual, en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) se ha empleado la siguiente fórmula correspondiente al método aritmético, que determina que para el año 2023 la población será de 96 991 hab., en la zona urbana:

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{Tc}{100}\right)$$

Pf= Población futura; Po= Población inicial; Tc= Tasa de crecimiento

"Partiendo del principio de que, una población crece en forma de progresión aritmética, es decir, incrementándose periódicamente una misma cantidad, se puede deducir la fórmula de proyección" (Mesa, 1985, p. 26) Para ello se toma en cuenta: la fecha del primer censo (a) y su población (P_a), y la fecha del segundo censo (b) y su población (P_b). Así:

$$\frac{P_b - P_a}{b - a}$$

Se recomienda que los resultados de la aplicación de un método determinado sean comparados con otros (CEPIS, 2002). Éstos podrían ser: (i) el método de crecimiento natural, (ii) aritmético o (iii) geométrico. Para el caso del EsIA, en la aplicación del método aritmético existe ausencia de datos a considerar pues la fórmula es errónea, lo que obliga a un replanteamiento del método utilizado. Sumado a ello, se tiene un total de 22,14 t/día calculadas a partir de la población urbana del año 2010, afirmando que es el valor referencial para el diseño del equipo que opera el servicio.

Aprobada la licencia ambiental en el año 2014 y conforme el artículo 269 del Acuerdo Ministerial 061 (2015), las auditorías ambientales de cumplimiento se presentan cada 2 años, asumiendo que el cuerpo normativo sectorial así lo dispone. Sin embargo, en el EsIA se declara que antes de estas auditorías, se deberían realizar reuniones al menos semestrales entre el alcalde y el responsable de la Dirección de Higiene y Salubridad del Municipio, para determinar el nivel de cumplimiento de la implementación de las medidas establecidas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) con un respectivo registro.

En el documento de la última auditoría ambiental de cumplimiento expuesta en el año 2020 que evalúa las condiciones del relleno sanitario en el periodo de abril 2017-2019 se develan las fases del servicio y gestión de los desechos comunes y peligrosos generados en el cantón Pastaza, haciendo referencia a los datos proporcionados por la Dirección de Servicios Municipales en el año 2019. Mismos que, relacionados con el tiempo de operación y complementos de la denominada celda 1 o macrocelda y con el personal que labora en el relleno sanitario, sus jornadas y actividades, dan lugar a ciertas conjeturas.

Se denota una variación de un año sobre el inicio de operación de la macrocelda, donde actualmente los desechos comunes son depositados, subestimando los años de la planificación de vida útil con aperturas a la ejecución de un plan de cierre técnico. Sin embargo, existen declaraciones sobre la reducción de vida útil de la celda, de cuatro a un año y medio, además de que, existen únicamente tres chimeneas para control de gases. Así mismo, no se especifica el tiempo empleado para el mantenimiento de las celdas cerradas y se contabiliza como personal de labores en el relleno sanitario a los encargados del barrido de calles, dato que influye directamente sobre la gestión del presupuesto del proyecto y genera una posición dubitativa sobre su modo de operación.

Por lo tanto, el colapso del relleno sanitario, se hace notar de alguno u otro modo, y se corrobora con los registros generados *in situ*, (Ver anexos) donde se evidencia el estado de la macrocelda, aves de rapiña como bioindicadores de la ineficiente gestión de residuos orgánicos, ausencia de resultados de la gestión del municipio para una separación en la fuente y abandono del área por parte de los trabajadores que constan en los registros.

3.2 Alternativas para el diseño del cierre técnico del relleno sanitario

El literal d del artículo 55 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2019) establece como competencia exclusiva de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales los servicios de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento en todas sus fases. En el cantón Pastaza, de acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del periodo 2020-2030, se ha designado como unidades responsables del manejo de desechos sólidos a la Dirección de Servicios Municipales y Sociales y la Dirección de Obras Públicas, Unidad de Talleres y Servicios Municipales, lo cual incluye la planificación del cierre técnico una vez concluida la vida útil del proyecto en cuestión.

3.2.1 Alternativa I

Mejorar los sistemas para el tratamiento de desechos requiere la consideración de capacidades económicas, voluntad institucional y viabilidad técnica. Tomando en cuenta el diagnóstico realizado, se describe con la perspectiva de dos autores la forma correcta para cierre y sellado de la celda de desechos comunes y peligrosos, con la finalidad de emplear

estos parámetros en la construcción de una nueva celda en los predios municipales destinados a la disposición final, pues el objetivo principal de una funcionalidad óptima es hacer que no se genere una pendiente muy pronunciada y se pueda proceder sin sobreesfuerzos a un cierre técnico.

3.2.1.1 Cierre y sellado de la celda para la disposición de desechos comunes

El Acuerdo Ministerial 031 (2012) establece el Proceso de Cierre Técnico y Saneamiento de Botaderos de los Desechos Sólidos y Viabilidad Técnica y determina un plazo máximo de 2 años para dar cierre a los pasivos ambientales. En vista de que el diseño de la celda para el alojamiento de los residuos es determinante, pues una correcta compactación de los residuos garantiza seguridad y estabilidad a las celdas, Viteri (2016) considera cuatro factores importantes para un funcionamiento óptimo: 1) frente de trabajo, 2) altura de la celda, 3) espesor del recubrimiento y, 4) avance diario; descritos en la Tabla 1, de acuerdo con los criterios de la 'Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios' de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] y el libro de Collazos 'Diseño y operación de rellenos sanitarios'.

Tabla 1

Comparación de factores generales para el diseño de una celda diaria

	Collazos (2008)	**CEPAL (2016)**
Frente de trabajo*	Pendiente de 30°	Pendientes suaves entre 18,4 a 26,5° del talud
	Ancho limitado por el área. 5m por cada vehículo de trabajo	Ancho equivalente a su frente de trabajo
	Disposición de abajo hacia arriba (con excepciones en invierno por el motivo de lluvias)	Disposición de abajo hacia arriba
	Desechos esparcidos en capas de 30cm	Desechos esparcidos en capas delgadas de 20 a 30 cm
Espesor de recubrimiento	Cobertura con material preferiblemente de unos 30 cm	Se tendrá un espesor lo suficiente para tapar y rellenar irregularidades, entre 40 y 60 cm
	A mayor altura de la celda menor necesidad de material de cobertura.	
		Para evitar el costo de acarreamiento del material, se recomienda excavar en las laderas el material de cobertura

Avance diario	Se cuantifica con la fórmula: $Avance\ diario = \frac{Vb}{Ft * h}$ Vb: volumen diario de la basura Ft: frente de trabajo h: altura de la celda	-

*Espacio destinado a la recepción de desechos mediante distintos vehículos.

Nota. Información tomada de los autores collazos (2008); CEPAL (2016).

De acuerdo con el Congreso Nacional de Medio Ambiente [CONAMA], Banco Internacional de Reconstrucción y Aumento [BIRF] y Pontificia Universidad Católica de Chile [PUCV] (1997) el diseño de una capa de sellado es una parte importante dentro de la clausura debido a que refuerza la integridad post-clausura y soporta los usos posteriores del área. Es por esta razón que, las condiciones en las que se opera la celda deben cumplir con factores de permeabilidad, compresibilidad y resistencia para obtener un soporte estructural de la cubierta vegetal. Así, con el cumplimiento de las características descritas en la Tabla 2., se logrará la integración del relleno con el medio.

Tabla 2

Sistema de cobertura vegetal por capas

1-Capa sub-base	Sirve para el drenaje natural y mejora la carga hidráulica. Se adapta a superficies irregulares
2-Capa de recogida de gases*	Ayuda a recoger los gases para después mandarlos hacia la atmósfera. Está compuesta por arena gruesa y grava
3-Capa barrera	Impide la infiltración de la precipitación
4-Capa de drenaje natural	Grava de granulometría gruesa, en otros casos reforzada con geomallas
Opcional: En medio de estas dos capas se puede colocar geotextil que se utiliza para su separación, tiene el trabajo de actuar como filtro para evitar así la migración del material.	
5-Capa superior del suelo vegetal	Suelo franco arcilloso

***** Se debe tomar en cuenta que**,** al momento de colocar cada capa, las chimeneas son susceptible**s** a movimientos o asentamiento. Es necesario guardar la integridad de la chimenea siendo este un sistema de ventilación del relleno.
Nota. Datos adaptados de la información proporcionada por CEPAL (2016).

Además, según las disposiciones de la autoridad ambiental, durante el proceso de cierre de la celda, los técnicos encargados de realizar este trabajo deberán regirse al funcionamiento de una celda temporal que tenga el abastecimiento necesario para los residuos sólidos. Así, en el acuerdo ministerial 061, se propone la creación de celdas emergentes, que no son más que espacios provisionales controlados, que cumplen con

normas de calidad como compactación y cobertura, sistema de evacuación de biogás, recolección, almacenamiento y tratamiento de lixiviados y recolección de escorrentías. Y de acuerdo con la normativa la etapa de diseño de la celda no superara los 2 años.

3.2.1.2 Cierre y sellado de celdas para disposición de desechos peligrosos.

Röben (2002) sugiere que la disposición final de los desechos peligrosos debe ser diferenciada y separada de los desechos comunes, clasificándolos de la siguiente manera:

Tabla 3

Tipos y fuentes de desechos peligrosos

Categoría	Fuente	Tipo
Domiciliarios	Domicilio Oficinas e instituciones Comercio	Pilas, electrodomésticos, residuos de medicamentos, pinturas, solventes
Biopeligrosos	Hospitales, clínicas, consultorios, veterinarias, laboratorios y farmacias	Fundas de sangre, jeringas, desechos contagiosos, medicamentos, desechos con contaminantes radioactivos
Industriales	Fábricas Talleres	Sobrantes de químicos, residuos de tratamiento de aguas usadas, gases contaminantes

Nota. Información proporcionada por Röben (2002)

Afirma que, los residuos peligrosos domiciliarios son los que más problemas acarrean debido al control que implica una correcta separación en la fuente; por otro lado, plantea la posibilidad de instalar incineradores en los hospitales, que ayuden a la reducción de esta clase de residuos, a pesar de que no todos los generados de este tipo de actividad son aptos para este proceso (Röben, 2002).

De manera general, y como todo proceso para la gestión de los desechos se encuentra regulado, en el artículo 130 del Acuerdo Ministerial 061 (2015), se encuentran los lineamientos básicos de las instalaciones para la disposición de los desechos peligrosos, así como también los requerimientos para el plan de cierre en el artículo 134, donde se debe considerar como mínimo: la descontaminación del sitio, estructuras, equipos, rehabilitación de áreas, así como los procedimientos para la liberación del desecho en caso de eliminación posterior.

Para un efectivo tratamiento, el lugar de almacenamiento del desecho peligroso de acuerdo con el literal g del artículo 171 del Acuerdo Ministerial 061 (2015), las instalaciones deben tener un piso con un acabado liso, continuo e impermeable, que cuente con resistencia química y que esté protegido de los factores ambientales como la humedad, temperatura, radiación y principalmente deben evitar la contaminación por escorrentía.

3.2.1 Alternativa II

De los factores más importantes que la infraestructura de un relleno sanitario tiene que solventar, se encuentran los gases y los lixiviados. Por lo que, esta alternativa propone una intervención y optimización respecto a las chimeneas y a la planta de tratamiento. De tal manera que, las autoridades competentes tienen que realizar un análisis de presupuesto destinado al monitoreo para la obtención de datos que puedan mejorar las posibilidades de intervención y control en las instalaciones.

3.2.1.1 Intervención y monitoreo en la celda de disposición de desechos comunes

Respecto a la *chimenea y control de gases*, es importante entender que el mismo sistema que se utiliza para el control de gases en la etapa de operación, se lo utiliza en su etapa de cierre. De esta manera, para el sistema de ventilación del relleno, de acuerdo con Rondón, Szantó, Pacheco, Contreras y Gálvez (2016), se considera materiales, ubicación, tipo de chimenea, selección y colocación de válvulas. En cuanto a la altura de la chimenea, sugiere sea de unos 2,5 m, y el material con el que se fabrican sea tubería de acero, pues debe ser resistente a los asentamientos y fuerte para soportar la extracción, recogido de gases y paso de maquinaria.

Collazos (2008), plantea la posibilidad de que en celdas de gran magnitud se pueda utilizar la unión de chimeneas por medio de tuberías con la finalidad de que los gases se concentren en un solo sitio. Añade que, las tuberías que van a servir para unir las chimeneas pueden ser de material de hierro galvanizado. Rondón et al. (2016), hacen énfasis en el mismo método destacando que una de las desventajas del uso de este sistema es el daño que se puede causar a las tuberías que conectan con las chimeneas, ventilación y principalmente los asentamientos, pues este último por motivo de que las conexiones pueden hacerse bajo tierra.

En el literal 4.1.3 del anexo 4 del Libro VI en el Acuerdo Ministerial 097-A (2015) se establecen tres niveles de peligro: alerta, alarma y emergencia detallados en la Tabla 4., de acuerdo con las concentraciones de los contaminantes. Entre los más comunes se encuentran: monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado (PM10).

Tabla 4.

Concentraciones de contaminantes comunes que definen niveles de alerta, alarma y emergencia en la calidad del aire

Contaminante Periodo de tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Monóxido de carbono Concentración promedio en ocho horas (µg/m^3)	15000	30000	40000
Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono. Concentración promedio en una hora (µg/m^3)	300	600	800
Óxidos de nitrógeno, como NO2 Concentración promedio en una hora (µg/m^3)	1200	2300	3000
Dióxido de azufre Concentración promedio en veinticuatro horas (µg/m^3)	800	1600	2100
Material particulado (PM10) Concentración en veinticuatro horas (µg/m^3)	250	400	500

Nota. Información tomada del Acuerdo Ministerial 097-A (2015)

En cuanto a la *planta de tratamiento de lixiviados*, un aspecto que se debe tomar en cuenta es que, si la pluviometría de la zona es baja, el costo para el confinamiento del lixiviado de igual manera será bajo. La infiltración del lixiviado se considera de alto riesgo por su composición física y su alto grado de componentes orgánicos, por lo que las zonas más afectadas llegan a ser las aguas subterráneas o superficiales. Para la reducción de este tipo de problemas en los lixiviados, el sistema de tratamiento debe tener un recubrimiento de sellado guiado por un programa continuo de seguimiento de calidad (Rondón et al., 2016).

La normativa ambiental ecuatoriana, para establecer control sobre los lixiviados deberá considerar los criterios de calidad de acuerdo con el uso del cuerpo receptor, de esta

manera en el literal 5.2.4.7 del Acuerdo Ministerial 097-A (2015) se hace referencia a los límites máximos permisibles correspondientes en la denominada Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Respecto al *monitoreo ambiental*, un sistema de supervisión continua asegura el mantenimiento íntegro del relleno sanitario (CONAMA et al., 1997). Mientras que el cumplimiento de los planes de manejo ambiental, que sugiere el artículo 32 del acuerdo ministerial 061, cerciora la responsabilidad que tienen las autoridades a través de los planes de manejo ambiental para evitar los impactos ambientales negativos que se puedan ocasionar durante la operatividad del relleno, pues estos están sujetos a modificaciones debido a que puede existir acontecimientos que generen inestabilidad en todos los procesos de regulación y control, como lo fue la pandemia del Covid-19.

3. CONCLUSIONES

En las distintas etapas de la gestión de residuos, la disposición final es el punto más frágil debido a las exigencias económicas, técnicas y del compromiso institucional que las autoridades del Municipio del cantón Pastaza deben garantizar a la comunidad. Actualmente, el relleno sanitario no cumple con el debido proceso técnico que la normativa vigente exige y las autoridades no presentan registros de las falencias en la última auditoría ambiental analizada. Además, en el estudio de impacto ambiental del año 2014 aprobado para la obtención de la licencia, no existe un cálculo acertado en las proyecciones de la población y tampoco una comparación de esos cálculos con la aplicación de otras metodologías, que es lo que la literatura sugiere, y da paso a errores para con el diseño de las celdas y los demás componentes del relleno sanitario. Sumado a ello, el registro del personal que labora en el relleno sanitario no tiene pertinencia con las actividades que se deben realizar en el área y en la visita, además de la ausencia de un procedimiento correcto que denota que la funcionalidad del relleno es lo más próxima a un sistema a cielo abierto, no se evidenció a todo el personal registrado en los documentos proporcionados.

A partir del estado actual del relleno sanitario, se plantean dos alternativas que consideran factores internos y externos para la gestión de residuos. En ausencia de una operatividad apegada a la normativa, y considerando los factores que no se pueden controlar

como las condiciones climáticas; la alternativa I es la que más se aproxima en proporcionar una solución inmediata. Ésta sugiere un proceso de cierre y sellado de la celda, a pesar de estar condicionado por el funcionamiento correcto y el control continuo para el tratamiento de lixiviados y gases. De acuerdo con la normativa, en el proceso de cierre técnico consta la construcción de celdas emergentes y como se estima que la macrocelda tiene un periodo de vida útil de un año y medio, se aprovecharía el área que resta para la disposición de los residuos en ese intervalo de tiempo y así, destinar presupuesto en la apertura de una nueva celda con todos los requerimientos y cálculos correctos. En el supuesto de que las autoridades determinen que el predio del relleno sanitario podría no ser suficiente para la ejecución de la alternativa I, la intervención, planteada en la alternativa II y referente al control y monitoreo, a la planta de tratamiento de lixiviados y chimeneas para control de gases, requeriría de un esfuerzo un tanto más complejo para potenciar la continuidad, la amplitud y la cantidad de los componentes mencionados respectivamente.

REFERENCIAS

CEPIS/OPS/PUB. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales: una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. *Institutional Repository for Information Sharing*. https://iris.paho.org/handle/10665.2/55275

Collazos Peñaloza, H. (2008). *Diseño y operación de rellenos sanitarios*. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería.

CONAMA/BIRF/PUCV (Comisión Nacional del Medio Ambiente/Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Pontificia Universidad Católica de Chile) (1997). Diseño de un plan de cierre y rehabilitación de áreas utilizadas como vertederos o rellenos sanitarios. Valparaíso, Chile

Eguizabal, B., & Marizol, R. (2009). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual.

Función Ejecutiva. (31 de diciembre de 2019) Artículo 55 [Título III]. *Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.* Registro Oficial Suplemento 303. Recuperado de https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza. (2020). Tercera auditoría ambiental de cumplimiento. "Manejo de desechos sólidos de la ciudad de Puyo en el sitio del relleno sanitario ubicado en la Provincia de Pastaza" Periodo abril 2017 - abril 2019.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pastaza [GADMP]. 2020. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pastaza 2020-2030. Puyo, Ecuador.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.

Ministerio del Ambiente [MAE]. (17 de mayo de 2012). Acuerdo Ministerial No. 031 Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Libro VI, Anexo 6. Proceso de cierre técnico y saneamiento de botaderos de los desechos sólidos y viabilidad técnica. RO: 705

Ministerio del Ambiente [MAE] (4 de noviembre de 2015) Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Anexo 4 del Libro VI Norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión. RO: Edición Especial No. 387.

Ministerio del Ambiente [MAE] (4 de noviembre de 2015) *Acuerdo Ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.* RO: Edición Especial No. 387.

Ministerio del Ambiente [MAE] (23 de abril de 2015). Artículo 32 [Título III]. *Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación*

Secundaria del Ministerio del Ambiente De la Calidad Ambiental. RO: Edición Especial No 270.

Ministerio del Ambiente [MAE] (23 de abril de 2015). Artículo 130 [Título III]. *Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente De la Calidad Ambiental.* RO: Edición Especial No 270.

Ministerio del Ambiente [MAE] (23 de abril de 2015). Artículo 134 [Título III]. *Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente De la Calidad Ambiental.* RO: Edición Especial No 270.

Ministerio del Ambiente [MAE] (23 de abril de 2015). Artículo 171 [Título III]. *Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente De la Calidad Ambiental.* RO: Edición Especial No 270.

Ministerio del Ambiente [MAE] (23 de abril de 2015). Artículo 269 [Título III]. *Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente De la Calidad Ambiental.* RO: Edición Especial No 270.

Ministerio del Ambiente [MAE]. (2017). Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, Libro VI, Anexo 6.

Organización de Naciones Unidas [ONU] (2020). Sustainable Development Goals. Recuperado de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

Röben, E. (2002). *Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales.* Municipalidad de Loja. Ecuador

Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios.

Shah, P. J., Anagnostopoulos, T., Zaslavsky, A., & Behdad, S. (2018). A stochastic optimization framework for planning of waste collection and value recovery operations in smart and sustainable cities. Waste management, 78, 104-114

Vaverková, M. D. (2019). Impact assessment of the municipal solid landfill on environment: A case study. Acta Sci. Pol. Archit, 18, 11-20.

Viteri, J. (2016). *Diseño de una celda diaria de confinamiento de residuos sólidos para el actual relleno sanitario del Tena* (Doctoral dissertation, Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba).

Anexos

Celda cerrada número 3 con su planta de tratamiento de lixiviados





Celda activa de desechos peligrosos





Celda activa de desechos comunes y planta de tratamiento de lixiviados













Báscula y albergue canino





Marco Teórico

Relleno sanitario

La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles o (ASCE) por sus siglas en inglés hace referencia a que el relleno sanitario a un sistema de disposición o depósito de residuos el cual es manejado por un método regulado de gases y lixiviados, mantenido por una infraestructura adecuada, cumple con el objetivo de minimizar en lo posible el volumen de los desechos, minorando los daños al ambiente y a la salud pública American (Collazos, 2008).

Según Jaramillo (2002), el relleno sanitario es la instalación física usada para la disposición final de los residuos sólidos municipales sobre la superficie del suelo. En el pasado los rellenos sanitarios no eran de fácil distinción debido a que no tenían un proceso de depósito adecuado, simplemente los residuos eran colocados en el suelo y cubiertos al final de cada operación, lo que comúnmente se conoce como un botadero de basura. Hoy en día, este sistema cuenta con tecnologías y maquinarias que ayudan a hacer un trabajo más eficaz, con un control lo suficientemente seguro y moderno para la optimización de la operación.

Desechos sólidos no peligrosos

Son materiales de origen orgánico e inorgánico provenientes de actividades específicas y que no provocan ningún riesgo hacia la salud, se los puede clasificar en agropecuarios, forestales, industriales y urbanos, con excepción de los desechos mineros debido a su clasificación y composición. Los demás desechos pueden ser sometidos a procesos de recuperación y reciclaje de acuerdo con lo que establece el artículo 3 del Acuerdo Ministerial 061 (2015).

Desechos peligrosos

Son aquellos que, debido a su composición, presentan riesgos para la salud pública. De acuerdo con el literal 2.18 del Acuerdo Ministerial 097-A (2015), estas sustancias pueden tener características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas o radioactivas.

Vertederos

Instalaciones de depósito de residuos con sistemas simples de disposición de basura, de acuerdo, este sistema se basa en ciertos criterios de ingeniería y estándares operacionales, permite la reclusión segura en términos de control sanitario. Sin embargo, no se puede hacer alusión a que este sistema sea el más completo y correcto para el manejo de desechos (Cáceres, 2007).

Disposición final

Proceso conocido por ser la última etapa dentro del manejo de los residuos sólidos. Dispone de un determinado lugar para destinar los desechos de forma permanente y ambientalmente segura; por lo que es necesaria una infraestructura adecuada y equipada. No es aplicable para botaderos clandestinos o a cielo abierto según el literal 3.20 del Acuerdo Ministerial 097-A (2015).

Cierre técnico

Proceso en el cual se dispone la planificación de cierre definitivo de una celda dentro del relleno sanitario por culminación de vida útil, en camina acciones de control ambientales en el sitio garantizando el manejo adecuado del área con referencia al agua, suelo y aire de acuerdo con el artículo 3 del Acuerdo Ministerial 061 (2015). El monitoreo de los procesos que intervienen dentro del cierre deberá ser de forma permanente y continua para evitar anomalías en la generación de gases y el tratamiento de lixiviados.

Lixiviado

Es la infiltración de la precipitación en el material de cobertura que pasa a través de la basura, generalmente transporta material orgánico en descomposición y otros contaminantes, también puede generarse lixiviados por la misma humedad de los desechos (Eguizábal, 2009).