



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

SEDE AZOGUES

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

INFORME FINAL DEL PROYECTO PROFESIONAL DE GRADO PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

**GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DEL NUEVO RELLENO
SANITARIO EN EL CANTÓN AZOGUES**

AUTOR: SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ

TUTOR: ING. LUIS IDROVO O. MG. SC

Agosto – 2019

CERTIFICACIÓN

Ing. Ing. Luis Idrovo O. Mg. Sc.

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

CERTIFICA:

Haber asesorado, revisado y corregido el trabajo de titulación denominado “Guía Técnica para el Diseño del Nuevo Relleno Sanitario en el cantón Azogues”, por lo que autorizo su presentación.


.....

ING. ING. LUIS IDROVO O. MG. SC.

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

El contenido del trabajo de titulación denominado “Guía Técnica para el Diseño del Nuevo Relleno Sanitario en el cantón Azogues”, desarrollado por Santiago Ismael Quevedo Pesantez, es de exclusiva responsabilidad de su autor.



.....

SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ

C.I. 0302324579

AUTOR

AGRADECIMIENTO

A dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la oportunidad de lograr la culminación de una etapa muy importante dentro de mis aspiraciones y mi carrera profesional.

Un agradecimiento especial a mi padre Ing. Fausto Quevedo por sus conocimientos impartidos y el apoyo brindado para la elaboración del presente trabajo.

Y en general a todas las personas que confiaron en mí y siempre me dieron sus palabras de aliento.

Muchísimas gracias.

DEDICATORIA

En la culminación de mi carrera profesional quiero dejar constancia del amor y cariño a mis padres Fausto y Karina, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica como de la vida, por su incondicional apoyo, porque creyeron en mí dándome ejemplos dignos de superación y entrega.

A mis hermanos David y Alejandra que comparten amorosamente mis alegrías.

A mi familia en general se los dedico por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

RESUMEN

En países como Ecuador cada día se da mayor atención a los graves problemas y posibles soluciones relacionados con el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos provenientes del uso doméstico, comercial, hospitalario e industrial.

Mediante este trabajo de investigación denominado “Guía Técnica para el Diseño del Nuevo Relleno Sanitario en el cantón Azogues” servirá como medio de consulta tanto para los docentes como para los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil, ya que trata sobre los tipos y métodos de rellenos sanitarios, así como la metodología para realizar los diseños de estas importantes obras que sirven para disponer de una forma técnica y sanitaria los residuos sólidos que diariamente se generan en las diferentes ciudades del país y de manera especial para el diseño del nuevo relleno sanitario de la ciudad de Azogues previsto para el periodo 2030 – 2050.

En esta guía técnica también se describe de una forma resumida y práctica los principales parámetros que sirven para definir las políticas y lineamientos que se siguen para el diseño de los demás proyectos y actividades que involucran la gestión integral de residuos sólidos como son barrido de calles, recolección de residuos sólidos y transporte; que son parte importante de inicio para el diseño de los sistemas de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

TRATAMIENTO, DISPOSICIÓN, RESIDUOS SÓLIDOS, RELLENO SANITARIO

CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

Every day in countries such as Ecuador, it is focusing more attention on serious problems and possible solutions related to the treatment and final disposal of solid waste coming from domestic, commercial, hospital and industrial use.

Through this research work called "Technical Guide for the Design of the New Sanitary Landfill in Azogues city", which is pretended to be a mean of consultation for both teachers and students of the career of Civil Engineering, because it is about the types and methods of sanitary landfills, as well as the methodology to make the designs of these important works which will be used to have a technical and sanitary way to treat the solid waste that is generated daily in the different cities of the country and specially, for the design of the new sanitary landfill of the city of Azogues planned for the 2030 – 2050 period.

This technical guide also describes, in a summarized and practical way, the main parameters that are used to define the policies and guidelines that are followed for the design of other projects and activities that involve the integral management of solid waste, street sweeping, solid waste collection and transport that are an important starting point for the design of waste treatment and final disposal systems.

KEY WORDS: TREATMENT, DISPOSAL, SOLID WASTE, SANITARY LANDFILL.

Cuenca, 12 de julio del 2019

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO



Abg. Lilia Urgilés Amoroso, Esp.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	6
GENERALIDADES	12
1.1. INTRODUCCIÓN	12
1.2. ANTECEDENTES	13
1.3. OBJETIVOS	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN	15
1.5. ALCANCE.....	15
CAPITULO 2.....	17
MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. RELLENO SANITARIO.....	17
2.2. TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS	17
2.2.1. Rellenos sanitarios manuales	18
2.2.2. Rellenos sanitarios con compactación mecanizada.....	18
2.2.3. Rellenos sanitarios semi-aeróbicos y anaeróbicos.	19
2.3. MÉTODOS DE RELLENO SANITARIO	20
2.3.1. Método de trinchera o zanja	21
2.3.2. Método de Área.....	21
2.3.3. Combinación de ambos métodos.....	22
2.4. CAPACIDAD NECESARIA DEL RELLENO SANITARIO	22
2.4.1. Área necesaria para relleno - compactado con maquinaria.....	24

2.4.2.	Área necesaria para infraestructura y plantas auxiliares	25
2.5.	SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO	26
2.5.1.	Criterios de Selección	26
2.5.2.	Estabilidad y seguridad del relleno compactado con maquinaria	27
2.6.	CONSTRUCCIÓN DEL FONDO DEL RELLENO SANITARIO	28
2.6.1.	Barrera Geológica	28
2.6.2.	Capa de Plástico	29
2.7.	GENERACIÓN DE LÍQUIDOS Y GASES.....	29
2.7.1.	Líquido lixiviado o percolado	29
2.7.2.	Generación de Lixiviados.....	30
2.7.3.	Drenaje de lixiviados.....	32
2.7.4.	Contaminación de Aguas Lixiviadas.....	34
2.8.	GASES.....	36
2.8.1.	Drenaje pasivo con chimeneas	37
2.8.2.	Drenaje Pasivo Sin Chimeneas	39
2.8.3.	Incineración del gas de relleno en la chimenea.....	40
2.8.4.	Disposición Final de los Desechos Peligrosos	41
	CAPITULO 3.....	42
	SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN AZOGUES	42
3.1.	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	42
3.1.1.	Responsabilidades de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos	43
3.1.1.1.	Sistema de barrido de calles y espacios públicos	45
3.1.1.2.	Sistema de recolección y transporte de residuos sólidos	47

3.1.1.3.	Reciclaje	51
3.1.1.4.	Sistema de recolección y transporte de residuos sanitarios peligrosos	52
3.2.	CARÁCTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ACTUAL RELLENO SANITARIO	53
CAPITULO 4.....		58
	ANÁLISIS DE LOS INDICADORES BÁSICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE VOLÚMENES DE RESIDUOS SÓLIDOS	58
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	58
4.1.1.	Generación per cápita.....	58
4.1.2.	Determinación del peso específico de los residuos sólidos.....	61
4.1.3.	Composición física de los residuos sólidos.....	63
4.2.	PROYECCIÓN POBLACIONAL.....	57
4.3.	PERIODO DE DISEÑO	69
4.4.	PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	70
CAPITULO 5.....		80
	ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA	80
5.1.	ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	80
5.2.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA PREVISTA PARA EL NUEVO RELLENO SANITARIO PARA EL CANTÓN AZOGUES.....	81
5.2.1.	Área requerida	81
5.2.2.	Factores a considerar para la evaluación de sitios.....	83
5.3.	METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	85
5.4.	ESTUDIO DE SUELOS DEL ÁREA DEL PROYECTO	89
5.4.1.	Estudio Geotécnico	89

5.4.2. Estudio de Geología	90
5.4.3. Estudio Hidrogeológico.....	91
5.5. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	92
5.6. ANÁLISIS DE LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO ACTUAL	95
CAPITULO 6.....	101
DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO	101
6.1. CONCEPCIÓN DEL RELLENO SANITARIO	101
6.2. CONFORMACIÓN E IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO DE SOPORTE.....	103
6.3. SISTEMAS DE DRENES DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS.....	104
6.4. SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE GASES GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO.....	108
6.5. SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	110
6.6. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.....	111
6.6.1. Tratamiento Biológico.....	112
6.6.1.2. Tratamiento con Piscinas Aireadas.....	112
6.6.1.3. Lagunas.....	114
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFÍA	124

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Azogues, la institución encargada de la gestión integral de los residuos sólidos es el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Azogues (GADMA) a través de la Dirección de Gestión Ambiental; quienes prestan los servicios de barrido de calles, recolección y transporte de los residuos sólidos a nivel de todo el cantón y la recolección y transporte de los residuos hospitalarios con competencia a nivel de la provincia del Cañar; la disposición final y tratamiento de los residuos comunes inorgánicos y orgánicos así como hospitalarios en el relleno sanitario, planta de procesamiento de abono orgánico y planta de esterilización de residuos biopeligrosos (autoclaves) respectivamente.

El actual relleno sanitario de la ciudad de Azogues está ubicado en la comunidad de Chaptoray, perteneciente a la parroquia Cojitambo; inició su operación en el año 2010, por lo que el GAD Municipal de Azogues está consciente que es hora de comenzar responsablemente con los estudios para los diseños del nuevo relleno sanitario para la ciudad de Azogues. Es por esta razón que conjuntamente con la Universidad Católica de Cuenca - Sede Azogues, a través de un trabajo de investigación consolide y plasme en una realidad, el contar con una Guía Técnica que servirá como un anteproyecto para el diseño del nuevo relleno sanitario en el cantón Azogues.

1.2 ANTECEDENTES

El relleno sanitario para la ciudad de Azogues ubicado en la comunidad de Chapte – Toray fue diseñado en el año 2008 para un periodo de 20 años de vida útil; inició su operación en el año 2010, con una cobertura del 90% de recolección de residuos sólidos a nivel del cantón Azogues y una cantidad de 44,05 Toneladas/día. (CONSULTORACAV, 2008)

De acuerdo a los pesos obtenidos diariamente en la báscula del relleno sanitario de la ciudad de Azogues, actualmente se registra un peso promedio de 51,03 Toneladas/día de residuos sólidos que ingresan para su disposición final en el relleno sanitario. A causa de factores no considerados en los diseños del relleno sanitario como es el funcionamiento de la Universidad Nacional de Educación UNAE, que llegaría a acoger 6.000 habitantes entre estudiantes y personal docente, más migrantes que han venido al Ecuador y a la ciudad de Azogues entre otras para radicarse, incrementando la población en el cantón y a su vez la cantidad de residuos sólidos a recolectarse, lo que hace que se disminuya la vida útil del relleno sanitario y se precise realizar los estudios para el nuevo relleno sanitario con la finalidad de que la población del cantón Azogues y de la región en general no se vea afectada en su salud en base a los problemas ambientales que se generaría al no contar con este importante proyecto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Realizar una guía técnica para el diseño del nuevo relleno sanitario en el cantón Azogues, provincia del Cañar.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar los indicadores básicos existentes de los residuos sólidos para la determinación de la proyección de la demanda de volúmenes de residuos sólidos generados en el cantón Azogues.
- Analizar la información básica de ingeniería existente para el emplazamiento de una propuesta del nuevo relleno sanitario del cantón Azogues.
- Proponer el emplazamiento del área necesaria para las terrazas, drenes de lixiviados y ductos de gases del nuevo relleno sanitario en la zona dispuesta por el GAD Municipal de Azogues.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario en el cantón Azogues, permitirá plantear el área total de terreno requerido para su vida útil (20 años) e integrarlo en la zona del actual relleno sanitario que fue dispuesta por el GAD Municipal de Azogues, para lo cual se calculará la cantidad de residuos sólidos a ser dispuestos en el periodo 2030 – 2050 teniendo en cuenta la población futura a ser servida en este lapso de tiempo. Además esta guía técnica, contribuirá como apoyo para que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Azogues, pueda planificar las diferentes acciones en un plazo de 8 años aproximadamente que le queda de vida al actual relleno sanitario de la ciudad y pueda contratar los estudios necesarios para la construcción del nuevo relleno sanitario

1.5 ALCANCE

La propuesta de diseño del nuevo relleno sanitario en el cantón Azogues, ubicado en la provincia del Cañar, iniciará con una descripción de la localización determinada por el GAD Municipal de Azogues, en donde se emplazará el nuevo relleno sanitario y la obtención del área requerida para este equipamiento en base al cálculo del volumen de residuos sólidos a disponerse y la población futura a ser servida para un periodo de diseño de mínimo 20 años de vida útil del proyecto, análisis de los indicadores básicos existentes de los residuos sólidos como son generación per cápita, peso específico, composición física, etc., proyección de la demanda de

volúmenes de residuos comunes, mercados y hospitalarios a ser dispuestos y material de cobertura requerido; terrazas para el nuevo relleno sanitario en base al levantamiento topográfico a ser entregado por el GAD Municipal de Azogues, análisis de la información básica determinada en los estudios de ingeniería existentes; propuesta de emplazamiento del sistemas de drenes de lixiviados y ductos de gases. (FOCIMIRS, 2017)

Para un correcto entendimiento de esta guía técnica se procederá a realizar los planos siguientes: emplazamiento del área y terrazas para el nuevo relleno sanitario y ubicación del sistema de drenes de lixiviados y ductos de gases.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1.RELLENO SANITARIO

“El relleno sanitario es la técnica para la disposición final de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) en el suelo que puede implementarse sin causar perjuicio al medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública”. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos sólidos en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y tiene en cuenta principios de ingeniería sanitaria para la adecuada disposición final de residuos a fin de evitar riesgos a la salud pública y el ambiente. (Agüero, 2014)

Para Ullca (2005), “una ventaja del relleno sanitario sobre otros métodos de tratamiento de residuos, es la posibilidad de recuperación de áreas ambientalmente degradadas por la minería o explotación de canteras, así como de terrenos considerados improductivos o marginales”.

2.2.TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS

Según el método de operación, estos pueden ser: manuales y con compactación mecanizada; y según el proceso de descomposición aeróbico en: anaeróbicos o semi-aeróbicos. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017)

2.2.1. Rellenos sanitarios manuales

Se produce por lo general en pequeñas poblaciones donde se generan valores menores a 15 toneladas/día. En este entorno y sobre todo por las condiciones económicas, se limita la inversión en maquinaria costosa y ajustando al trabajo manual ahorrando en gastos de operación y mantenimiento (OPS, 2007). En este tipo de relleno, los obreros realizan las actividades manualmente: descarga, esparcimiento, compactación y cobertura los residuos (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017), así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes, excavación de nuevos módulos, etc.

2.2.2. Rellenos sanitarios con compactación mecanizada

Ha sido diseñado para municipios de tamaño mediano o grande, que generan un valor mayor a 40 toneladas/día, cuyo manejo no podría realizarse manualmente en su totalidad. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017)

La Organización Panamericana de la Salud (2007), afirma que estos rellenos sanitarios son proyectos de ingeniería bastantes complejos. Está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.



Fotografía No. 1. Relleno Sanitario con compactación mecanizada en la ciudad de Azogues

Fuente: El Autor

2.2.3. Rellenos sanitarios semi-aeróbicos y anaeróbicos.

La clasificación de rellenos sanitarios semi-aeróbicos y anaeróbicos obedece a la presencia de oxígeno en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos una vez depositados, compactados y cubiertos, dando como resultado una composición diferente en el biogás resultante de dicho proceso. En el primer caso, rellenos sanitarios semi-aeróbicos, se crean las condiciones para la entrada de oxígeno en la masa de residuos y por lo tanto el gas resultante está formado principalmente por dióxido de carbono. [...] En el segundo caso, rellenos sanitarios anaeróbicos, se impide la entrada de oxígeno en el cuerpo de residuos, ocurriendo un proceso de fermentación

en condiciones anaeróbicas y el gas resultante, una vez estabilizado el proceso, tiene una alta concentración de metano. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017)

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir. Cuando el gas metano se acumula en el interior del relleno y migra a las áreas vecinas, puede generar riesgos de explosión. Por lo tanto, se recomienda una adecuada ventilación de este gas, aunque en los pequeños rellenos este no es un problema muy significativo. (López, 2013)

2.3.MÉTODOS DE RELLENO SANITARIO

“El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático” (Armas & Yaselga, 2005).

Se consideran tres maneras para construir un relleno sanitario, las cuales se explican a continuación:

2.3.1. Método de trinchera o zanja

“Este método se utiliza normalmente en regiones planas donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras” (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017). “Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlos y desviarlos e incluso construir proveerlas de drenajes subterráneos” (Armas & Yaselga, 2005).

2.3.2. Método de Área

En áreas planas, existen ocasiones en las cuales no es posible excavar trincheras para sepultar la basura y por lo tanto se puede ubicar en el suelo original, pero las terrazas del relleno sanitario deben tener una elevación de unos metros considerables. (López, 2013).

“En este método, la basura se vacía en la base del talud, para luego ser comprimida y recubierta diariamente, es importante conservar una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie” (Armas & Yaselga, 2005).

2.3.3. Combinación de ambos métodos

Se precisa indicar que: “dado que estos dos métodos antes descritos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación” (ESTRUCPLAN, 2004). Son los más eficientes, pues ahorran tiempo en el transporte del material de cubierta y aumentan la vida útil del sitio (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

2.4. CAPACIDAD NECESARIA DEL RELLENO SANITARIO

Previo a la identificación de un lugar óptimo para un relleno, es necesario realizar cálculos relacionados con el volumen de basura producido en la población servida. Se recomienda a cada municipio hacer una investigación de la producción de basura per cápita. En el Ecuador, se puede estimar en 0.5 - 0.6 kg/(persona*día) en las ciudades y 0.4 - 0.5 kg/(persona*día) en áreas rurales. El 60 - 80% de esa basura es biodegradable, el resto es inorgánica. (Röben, 2002)

Un aspecto importante a considerar para reducir los costos en relación al manejo de los desechos sólidos, es que se puede aprovechar el compostaje/lombricultura y el reciclaje, con el objetivo de reducir el volumen de la basura por relleno (Röben, 2002).

Para calcular la capacidad necesaria se utiliza la siguiente formula:

$$V_{basura} = \frac{ppc \times N \times 365 \times t}{p}$$

$$V_{relleno} = 1.3 \times V_{basura}$$

Ecuación No. 1. Capacidad necesaria para el relleno sanitario.

Fuente: (Röben, 2002)

De dónde:

- V: volumen m³.
- ppc: representa el valor per cápita de la producción diaria de basura.
- N: hace referencia a la cantidad de habitantes de una zona.
- t: representa los años de vida útil relacionados con el relleno.
- p: representa la densidad de la basura.

Se considera que según el estado de compactación existe una variación en la densidad de la basura. Los datos más comunes son: 105 - 210 kg/m³ de basura en el recipiente domiciliario; 350 - 630 kg/m³, basura en el recolector, 400 - 600 kg/m³, basura compactada en el relleno manual y 600 - 810 kg/m³ compactada mediante maquinaria (Röben, 2002).

Es óptima una vida útil mayor de 20 años. Es recomendable considerar algunos aspectos importantes para realizar cálculos futuros sobre producción de basura, entre ellos el desarrollo demográfico. (Röben, 2002)

2.4.1. Área necesaria para relleno - compactado con maquinaria

Para realizar el cálculo del área se consideran tres factores: el volumen del relleno, el tipo de relleno sanitario (manual o mecánico) y la tecnología de tratamiento de aguas lixiviadas. “Si el municipio cuenta con maquinaria para la compactación de la basura, el relleno se puede diseñar como una gran colina artificial, lo que permite un uso óptimo del terreno” (Röben, 2002).

Para calcular el área necesaria para el relleno compactado, se usa la siguiente fórmula:

$$A_{basura} = \frac{V_{relleno}}{f}$$

Ecuación No. 2. Área necesaria para el relleno sanitario.

Fuente: (Röben, 2002)

De dónde:

- A_{basura} (ha) representa el área que se requiere para el cuerpo de basura.
- $V_{relleno}$ (m^3) que representa el volumen que se necesita para el relleno.
- f denominado como factor Volumen/área.

El valor de f se calcula como $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ (equivalente a 1 millón m^3/ha). (Röben, 2002)

“El factor volumen/área de 10 m^3 de basura/ m^2 de área ya incluye los taludes, considerando que el cuerpo de basura es pocas veces más elevado que 30 m y que el talud debe tener una pendiente de 18° o menos” (Röben, 2002).

2.4.2. Área necesaria para infraestructura y plantas auxiliares

Röben (2002), señala que:

El porcentaje del área ocupada por estas instalaciones disminuye proporcionalmente con el tamaño del relleno sanitario. En los rellenos pequeños, se puede calcular el área requerida para infraestructura entre 20 y 40 % del área del cuerpo de basura. En los rellenos medianos, este porcentaje baja hasta entre 10 – 20 %, y en los rellenos grandes se puede estimar el área necesaria para la infraestructura con menos del 10 % del área del cuerpo de basura.

Es necesario para el relleno sanitario el adecuado tratamiento de las aguas lixiviadas; además, se debe considerar el método de tratamiento, el área ocupada por la basura, el tipo de relleno y la precipitación. Existen diferentes plantas auxiliares entre ellas: de lombricultura, de reciclaje, para desechos peligrosos por lo general proveniente de hospitales y plantas industriales, y en relación a los gases del relleno una planta de conversión energética.

2.5. SELECCION DE LA UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

2.5.1. Criterios de Selección.

De acuerdo a Röben (2002), la elección del lugar más óptimo para la ubicación del relleno considera tres factores importantes:

- a) **Factores económicos:** Como la distancia desde donde proceden los desechos, propiedad y dimensiones del terreno para el relleno, caminos de acceso y que exista la posibilidad de expandir la zona.
- b) **Factores ambientales:** Como la protección del agua o de diferentes áreas, el valor ecológico del terreno, si existen áreas pobladas, morfología del terreno, clima y nivel de capas freáticas.
- c) **Factores técnicos:** Como la morfología del terreno (plano o poco inclinado), estructura y composición del suelo, nivel de capas freáticas, condiciones sísmicas, presencia de fallas geológicas y volumen de la basura.

2.5.2. Estabilidad y seguridad del relleno compactado con maquinaria

Los rellenos sanitarios compactados con máquinas y los levantados al lado de un talud, son construidos en forma de colina artificial, considerando la estabilidad del suelo.

Un punto a considerar son los tipos de inclinación, pues según Röben (2002):

Si se hace el relleno en un área inclinada (como en una quebrada seca), y la inclinación del talud del cuerpo de basura. Existen dos criterios importantes para optimizar la inclinación del talud. Si el talud es muy inclinado, el volumen disponible crece proporcionalmente, pero baja la estabilidad del cuerpo de basura y, por consecuencia, hay más peligro de caídas del material. En un país con alta influencia sísmica, como es el Ecuador, la estabilidad del cuerpo de basura es especialmente importante.

No se debe utilizar un terreno demasiado inclinado para no arriesgar la seguridad estática del cuerpo de basura que podría caerse completamente o parcialmente. Además, es casi imposible hacer una compactación apropiada sobre un terreno sumamente inclinado. (Röben, 2002)

Los peligros de no considerar los aspectos anteriores se muestran en la siguiente gráfica:

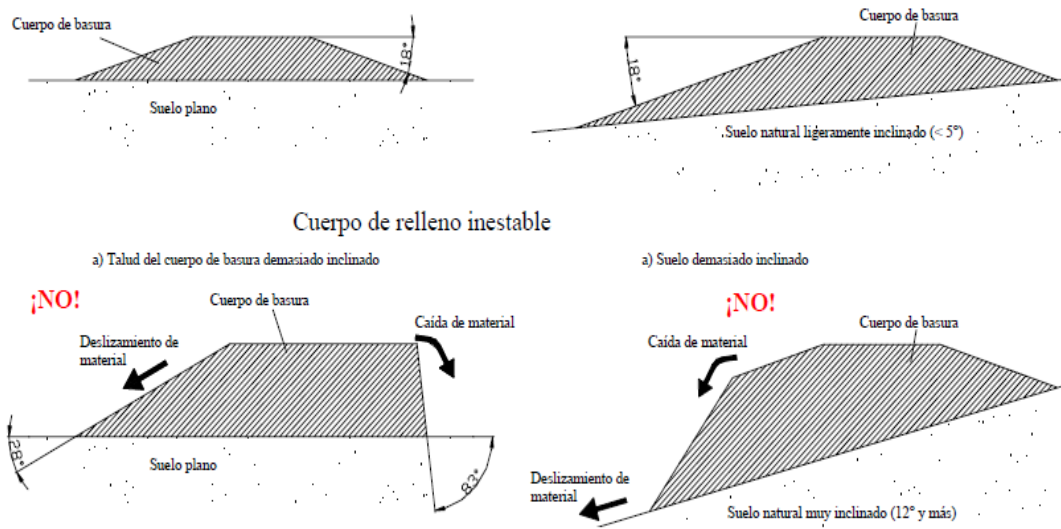


Gráfico No. 1. Casos de inestabilidad del suelo y del cuerpo de basura

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

2.6.CONSTRUCCIÓN DEL FONDO DEL RELLENO SANITARIO

2.6.1. Barrera Geológica

Según Röben (2002), “la barrera geológica es una capa de suelo natural de baja permeabilidad que se encuentra arriba de la primera capa freática. Lo ideal para la construcción de un relleno sanitario es si el terreno ya dispone de una barrera geológica.”

Cuando la permeabilidad del suelo es menor a $k_f = 10^{-6}$ y tiene un espesor mayor o igual a 3 m, se dice que es adecuada para un relleno sanitario, esto permite minimizar la infiltración de aguas lixiviadas y reducir la contaminación del suelo (Röben, 2002).

2.6.2. Capa de Plástico

Se recomienda poner una geomembrana sobre la capa mineral y laminillas de PEHD1 (espesor no menor a 1 mm). Entre las características a considerar para una laminilla están: su espesor debe ser homogéneo, sin huecos o roturas, no poseer torsiones diagonales, que sea resistente al calor e impermeable para agua, hidrocarburos clorurados y no clorurados, acetona y tricloroetileno, demostrar que es resistente a roedores. (Röben, 2002)

2.7.GENERACIÓN DE LÍQUIDOS Y GASES

“Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios” (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

2.7.1. Líquido lixiviado o percolado

“Los lixiviados son líquidos oscuros que se producen por la descomposición de la materia orgánica y el agua que entra al relleno por la precipitación, los cuales al fluir, disuelven sustancias

y arrastran partículas contenidas en los residuos” (Corena, 2008). El lixiviado genera un alto nivel de contaminación de aguas y pozos, asciendo relevante interceptarlo y reducir su impacto.

2.7.2. Generación de Lixiviados

Para determinar la generación de lixiviados, debe tomarse en cuenta: los factores climatológicos, las características de los residuos, del material de cobertura, del cerramiento final y el mantenimiento a largo plazo del relleno, requiriéndose un análisis de escenarios que incluya operaciones adecuadas e inadecuadas del sistema. (Corena, 2008)

Existen algunos factores que determinan la cantidad de las aguas lixiviadas producidas en un relleno sanitario, entre las cuales se mencionan: área del relleno, precipitación, tipo de relleno y su operación, y tipo de basura.

El Cuadro siguiente se observa la producción de aguas lixiviadas (% de precipitación) según el tipo de relleno.

Tipo de relleno	Producción de aguas lixiviadas (% de la precipitación)	Producción de aguas lixiviadas (m ³ /(ha*día))		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Relleno manual	60	11,51	24,66	49,32
Relleno compactado con maquinaria liviana	40	7,67	16,44	32,88
Relleno compactado con maquinaria pesada	25	4,79	10,27	20,55

Cuadro No. 1. Producción de aguas lixiviadas en un relleno sanitario

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

El cuadro muestra que la producción de aguas lixiviadas puede ser extremadamente alta en rellenos manuales que se encuentran en regiones con alta pluviosidad. La minimización de las aguas lixiviadas es especialmente importante para rellenos manuales sujetos a precipitaciones elevadas, ya que es difícil el tratamiento de una cantidad muy alta de aguas lixiviadas que se pueden generar. (Röben, 2002)

Según Röben (2002), existen diferentes consideraciones que permiten minimizar las aguas lixiviadas en los rellenos de tipo manual, entre las cuales se mencionan:

- Construir el relleno en terrazas o terrenos con una ligera inclinación y no en áreas completamente planas o en trincheras.

- Mantener el terreno seco cubriendo las celdas con tierra o también se puede sembrar plantas que posean gran capacidad de absorción y construir drenes de agua. También se puede utilizar plástico de invernadero desechado o con helecho para cubrir las celdas.

Para el caso de los rellenos compactados con maquinaria se puede considerar:

- Contar con una compactadora pesada y que por lo menos pase 20 veces para garantizar la estabilidad del terreno.
- La basura debe estar ubicada en capas que tenga un espesor menor o igual a 30 cm.
- La capa de basura debe tener un espesor de 2 m al fondo del cuerpo de basura. (Röben, 2002)

2.7.3. Drenaje de lixiviados

Es recomendable que el fondo del relleno sea en forma de triángulos con una ligera inclinación y con tubos, lo cual va a evitar que se genere una acumulación de aguas lixiviadas y garantizar la eficiencia de la planta de tratamiento. Cuando se trata de rellenos grandes, es importante considerar cuencas con un colector mayor en el centro para dividir el área de relleno. (Röben, 2002)

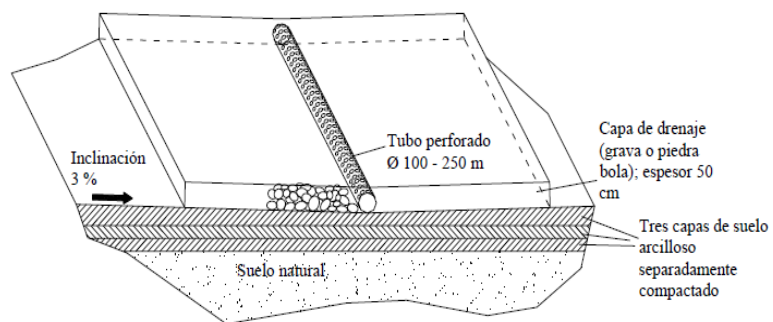


Gráfico No. 2. Posición del tubo dentro de la capa de drenaje

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios

Municipales

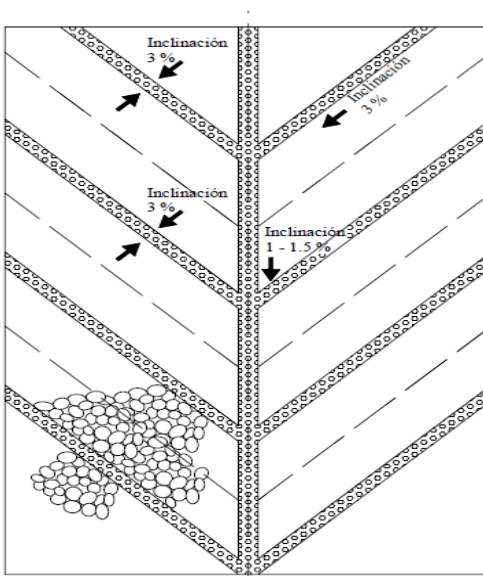


Gráfico No. 3. Sistema de espina de pescado

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios

Municipales

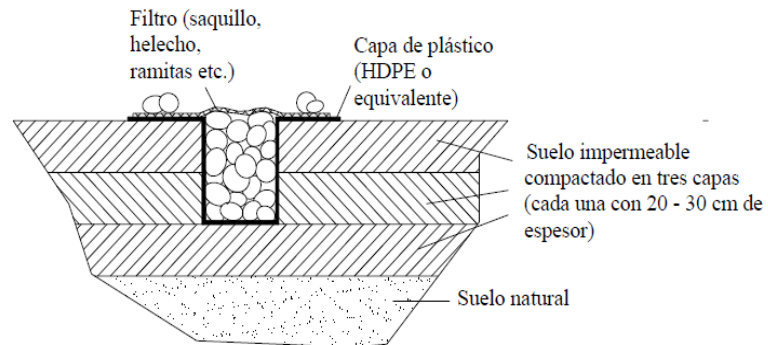


Gráfico No. 4. Canal de drenaje de lixiviados

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

2.7.4. Contaminación de Aguas Lixiviadas

“Los parámetros de contaminación varían mucho según el periodo de fermentación y el tipo de desechos rellenos. El siguiente cuadro muestra los valores promedios y máximos de contaminación durante la fase de fermentación ácida y metanogénica” (Röben, 2002).

Parametro	Unidad	Contaminación de las aguas lixiviadas				Relleno mayor de 10 años
		Periodo de fermentación ácida		Periodo de fermentación metanogénica		
		Margenes	Promedio	Margenes	Promedio	
DBO ₅	mg/l	4000-40000	13 000	20 - 550	180	100 – 200
DQO	mg/l	6000-60000	22 000	500 - 4 500	3000	100 – 500
Proporción DBO ₅ /DQO			0.58		0.06	
(PO ₄ -P)	mg/l	0.1 - 30	6	0.1 - 30	6	4 – 8
Cr total	mg/l	30 - 1 600	300	30 - 1 600	300	
Pb total	mg/l	8 - 1020	90	8 - 1020	90	
Cianura total (CN ⁻)	mg/l	10		10		
Cadmium (Cd)	mg/l	0.5 - 140	6	0.5 - 140	6	
Cobre (Cu)	mg/l	4 - 1400	80	4 - 1400	80	
Zinc (Zn)	mg/l	0.1-1	5	0.03-4	0.6	
Tetraoxido de azufre (SO ₄)	mg/l	70-1750	500	10-884	80	
Calcio (Ca)	mg/l	10-2500	1200	20-600	60	100 – 400
Magnesio (Mg)	mg/l	0.3- 1130	600	0.03-530	250	50 – 200
Manganeso	mg/l	0 - 65.5	24	0 - 1.7	0.65	
Hierro (Fe)	mg/l	20-2100	780	3-280	15	20 – 200
pH		0.5-15	7	0.3-7	1	6.6 – 7.5

Cuadro No. 2. Contaminación de las aguas lixiviadas durante la fase de fermentación ácida y metanogénica.

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

En el cuadro que se muestra a continuación se detalla la eficiencia mínima en relación a los diferentes tipos de tratamiento.

Tipo de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción (% de la concentración inicial)						
	DBO ₅	DQO	Sólidos suspendidos	P	N _{org}	NH ₃ -N	Patógenos
Rejilla	-	-	-	-	-	-	-
Desarenadores	0 - 5	0 - 5	0 - 10	-	-	-	-
Sedimentación primaria	30 - 40	30 - 40	50 - 65	10 - 20	10 - 20	-	-
Laguna anaerobia	50 - 70	-	20 - 60	-	-	-	90 - 99
Laguna aireada	80 - 95	-	85 - 95	-	-	-	90 - 99
Laguna facultativa	80 - 90	-	85 - 95	-	30	-	90 - 99
Lagunas de maduración	60 - 80	-	85 - 95	-	-	-	90 - 99
Reactor UASB	65 - 80	60 - 80	60 - 70	30 - 40	-	-	-
Reactor anaerobio	65 - 80	60 - 80	60 - 70	30 - 40	-	-	-
Lodos activados (convencional)	80 - 95	80 - 95	80 - 90	10 - 25	15 - 20	8 - 15	-
Filtro anaerobio	65 - 80	60 - 80	60 - 70	30 - 40	-	-	-
Filtro percolador de roca	65 - 80	60 - 80	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15	-
Filtro percolador de plástico	65 - 85	65 - 85	65 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15	-

Cuadro No. 3. Eficiencia mínima de contaminantes

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

2.8.GASES

Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los residuos sólidos municipales no solo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia (OPS, 2007).

El gas de relleno puede ser evacuado con drenaje activo, el cual succiona el gas mediante un soplador; y, con drenaje pasivo, a través de una difusión natural de los gases, evacuándolo solo por orificios previstos. A pesar de que el drenaje activo es más eficiente, se debe considerar los costos bajos del drenaje pasivo. (Carmona, 2015)

2.8.1. Drenaje pasivo con chimeneas

“Las chimeneas tienen una alta permeabilidad para el gas y por tanto queda muy poca cantidad de gas que no se difunde por la chimenea, pero por la superficie del cuerpo de basura sí” (Carmona, 2015).

“Durante la fermentación metánica se estabiliza la composición del gas de relleno. El gas de relleno tiene la siguiente composición durante esta fase” (Röben, 2002):

Componente	Concentración típica	Comentarios
<i>Componentes con concentración elevada</i>		
Metano (CH ₄)	40 - 65 % (Volumen %)	Se encuentra generalmente entre 50 - 60 %
Dioxido de carbón (CO ₂)	20 - 55 % (Volumen %)	Se encuentra generalmente entre 35 - 45 %
Aire	0 - 40 % (Volumen %)	
Vapor de agua	Depende de la temperatura	Se trata en general de vapor saturado
<i>Gases con baja concentración</i>		
Hidrocarburos	0 - 100 mg/m ³	La concentración de los hidrocarburos baja con el tiempo
Hidrocarburos halogenados	20 - 1000 mg/m ³	
H ₂ S	0 - 800 mg/m ³	
NH ₃	0 - 50 mg/m ³	
Cl _{total}	5 - 600 mg/m ³	generalmente < 100 mg/m ³
F _{total}	1 - 100 mg/m ³	generalmente < 50 mg/m ³

Cuadro No. 4. Composición típica del gas de relleno en la fermentación metánica

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

Si no se evacúa de manera adecuada el gas del relleno puede provocar incendios o explosiones; además, el metano puede dañar las raíces de las plantas y cuando los seres humanos son expuestos por largo tiempo puede tener un efecto venenoso. También, el metano daña la atmósfera y genera un efecto invernadero (Röben, 2002).

Las características requeridas para los tipos de chimenea, se muestran en el cuadro siguiente:

Parámetro	Chimenea construida de malla con puntales de madera	Chimenea con tubo perforado
Ancho de la chimenea	0.5 - 1 m	Ø 0.6 - 1.2 m
Material de construcción	Puntales: Madera (preferiblemente eucalipto o guadúa que se cultiva alrededor del relleno y que tiene la función de retener una parte de las aguas lixiviadas) Malla: Malla de acero; distancia entre los alambres < 2 cm	Plástico perforado La superficie total de los orificios debe ser 10 % de la superficie del tubo. Diámetro de los orificios: < 2 cm Material: Preferiblemente PEHD (puede ser fabricado de PEHD reciclado)
Material para llenar la chimenea	Piedra bola o grava. Es importante que no contenga cal, porque se descompone fácilmente la piedra con alto contenido de cal en la atmósfera agresiva de los gases de relleno	
Dimensiones de las piedras	Se utiliza preferiblemente piedra con un diámetro < 16 cm, lo que impide una rápida congestión por causa de material espeso o sólido ingresando a la chimenea. También es importante que sean pequeñas las piedras porque las piedras grandes se rompen bajo la influencia del calor extremo de la incineración de los gases de relleno.	
Distancia entre las chimeneas	25 - 30 m en rellenos manuales que tienen celdas con una altura de menos de 8 m 20 - 25 m en rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene una altura < 15 m 15 - 20 m en rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene una altura > 15 m	

Cuadro No. 5. Requerimiento para la construcción de chimeneas

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

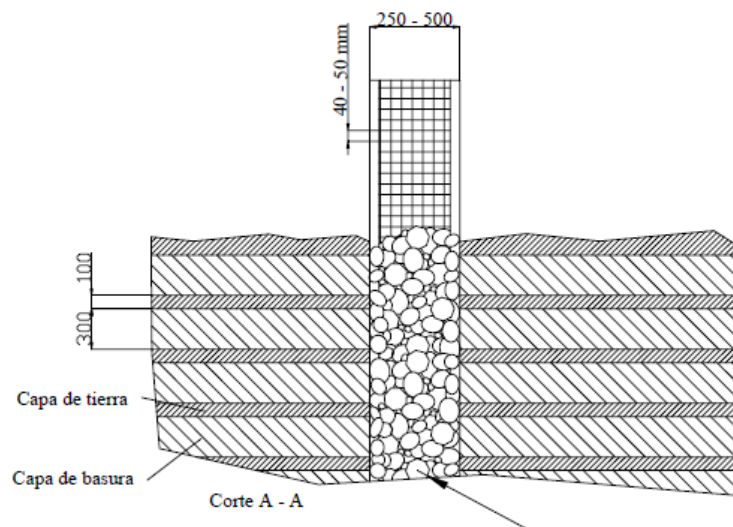


Gráfico No. 5. Chimenea con malla y puntales para drenaje pasivo

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos

Sanitarios Municipales

2.8.2. Drenaje Pasivo Sin Chimeneas

Röben (2002), señala que:

En un relleno compactado, el gas de relleno se mueve con preferencia horizontalmente en las capas de basura. Se difunde por la capa superficial del cuerpo de basura o por los taludes laterales, se mezclan con el aire y se diluyen. La cubierta con tierra tiene un impacto como filtro biológico, es decir que ya existe un cierto tratamiento de los gases de relleno antes de que se mezclen con la atmósfera.

2.8.3. Incineración del gas de relleno en la chimenea

El gas generado en el drenaje pasivo con chimeneas puede ser un peligro para los obreros y recicladores, puede causar: con exposición corta, dolores de cabeza y náusea, en casos extremos, asfixia, y si se da la exposición por largos periodos de tiempo, años al cerebro y al sistema nervioso. También puede provocar daños al medio ambiente (Röben, 2002).

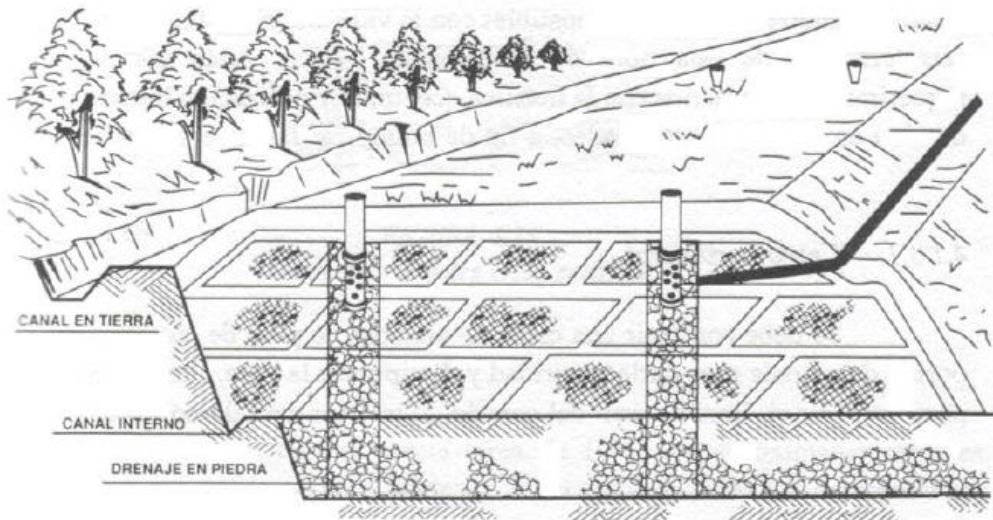


Gráfico No. 6. Colocación de chimeneas

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

2.8.4. Disposición Final de los Desechos Peligrosos

“Se recomienda siempre prever la disposición final de los desechos peligrosos de manera separada” (Röben, 2002). Los principales desechos peligrosos están enumerados en el siguiente cuadro.

Categoría	Fuente	Tipos de desechos
Desechos peligrosos domiciliarios	Domicilios Oficinas e instituciones Comercio	Pilas, restos de medicamentos, partes de equipo electrodoméstico y de oficina, restos de pintura, solventes o químicos domésticos
Desechos biopeligrosos	Hospitales, clínicas y policlínicas, consultorios, clínicas veterinarias, laboratorios y farmacias	Medicamentos, jeringuillas, fundas de sangre, desechos contagiosos, químicos, desechos con contaminación radioactiva
Desechos peligrosos industriales	Fabricas Talleres	Toda clase de residuos peligrosos producidos por las actividades industriales, sobrantes de químicos y materia prima, residuos del tratamiento de las aguas usadas y gases contaminados

Cuadro No. 6. Tipos y fuentes de desechos peligrosos

Fuente: Röben (2002). Libro Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

En muchas ciudades es un problema recoger por separado los desechos peligrosos de procedencia doméstica, ya que se requiere de una capacitación a la población y una adecuada organización administrativa; mientras que en relación a los centros de salud ya existen procesos internos para el manejo de estos desechos, lo cual facilita la recolección de los mismos. (Röben, 2002)

CAPITULO 3

SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

SÓLIDOS EN EL CANTÓN AZOGUES

3.1.ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Se considera como gestión de los residuos sólidos urbanos al conjunto de operaciones que se realizan con ellos desde que se generan en los hogares y servicios hasta la última fase en su disposición final.

El manejo eficiente de residuos sólidos, busca aplicar el concepto de las tres R (reducir, reutilizar y reciclar), lo cual tendrá como resultado la protección del medio ambiente, y ahorrar recursos que serían necesarios invertir en maquinaria especializada (GTZ-COMIA , 2003).

Para Jiménez (2015), el manejo de residuos incluye 5 etapas: recolección del residuo, traslado, valorizarse en tanto materia o energía, reciclaje y tratado, para finalmente disponerse en algún sitio.

Una gestión eficiente en el manejo de residuos sólidos implica también una responsabilidad conjunta entre autoridades encargadas y la población servida.

3.1.1. Responsabilidades de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos

Al organismo encargado de la gestión de residuos sólidos le competen las siguientes acciones:

1. Coordinación en el establecimiento de programas de educación a fin de lograr una concienciación ciudadana en el manejo correcto de los residuos sólidos.
2. Planificación y seguimiento de recolección.
3. Definir políticas de gestión integral de desechos sólidos.
4. Planificar proyectos de construcción y mantenimiento de los rellenos sanitarios y otros relacionados con la gestión integral de residuos sólidos.
5. Elaborar los requerimientos de insumos, materiales y herramientas de trabajo, equipos y maquinaria para el buen funcionamiento de la gestión integral de los desechos sólidos.
6. Evaluación de la gestión.
7. Supervisión de la correcta operación, mantenimiento y buen uso de maquinaria, vehículos, etc., dispuestos para la gestión integral de los residuos sólidos.
8. Emitir informes de resultados sobre la organización y gestión de la producción, productividad y calidad de los servicios de gestión de residuos sólidos ante la Dirección.
9. Realizar un análisis continuo y la proyección de costos de inversión y de operación y mantenimiento, para la eficiente prestación de los servicios en la gestión integral de residuos sólidos, así como la implementación de correctivos y medidas para lograr su optimización.

En el cantón Azogues, el GAD Municipal a través de la Dirección de Gestión Ambiental, es la institución encargada de la gestión integral de los residuos sólidos. La Estructura Organizacional de la Dirección de Gestión Ambiental es la siguiente:

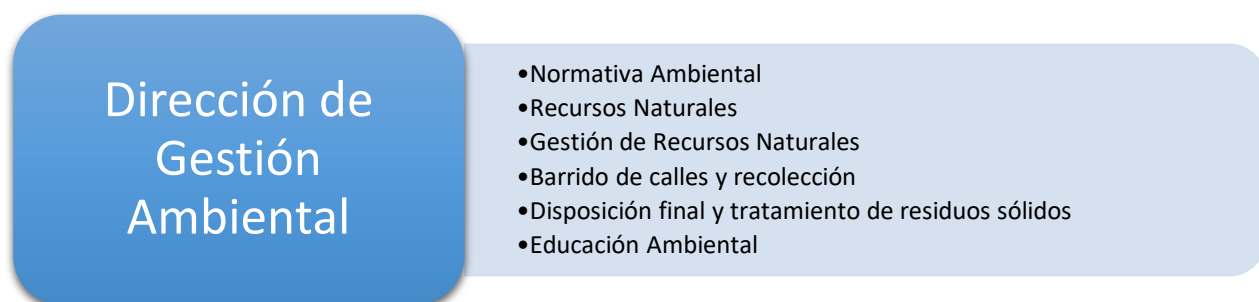


Gráfico No. 7. Organigrama Estructural de la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues

Fuente: Dirección de Talento Humano del GAD Municipal de Azogues

3.1.2. Diagnóstico técnico de la gestión de residuos sólidos

El manejo de los residuos sólidos urbanos es uno de los más grandes desafíos que enfrentan las áreas urbanas de cualquier tamaño, y constituye una de las cinco principales problemáticas que las autoridades locales tienen que resolver (ONU-Habitat, 2010b; Zhu et al., 2008; Adamides et al., 2009: 758). No obstante, es uno de los temas de gestión urbana que recibe menos atención sin embargo consume una importante proporción de los presupuestos de las ciudades (ONU-Hábitat, 2010).

Las fases de la gestión integral de los residuos sólidos que una administración del servicio debe seguir son las que se describen a continuación:

3.1.2.1. Sistema de barrido de calles y espacios públicos

El barrido de calles y áreas públicas se efectúa principalmente en las vías pavimentadas de intensa circulación peatonal. En la mayoría de las ciudades latinoamericanas el rendimiento del personal es de 1,0 a 2,0 km/día de calle, se recogen de 30 a 90 kg de basura por kilómetro barrido y se requieren entre 0,4 y 0,8 barrenderos por cada 1.000 habitantes, dependiendo del apoyo del barrido mecánico, de la proporción de calles pavimentadas y no pavimentadas, del grado de dificultad del barrido y de la educación y cooperación de la comunidad. (Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 2015)

El barrido mecánico tiene costos más bajos pero implica desplazamiento de mano de obra. [...] El reemplazo del barrido manual por el mecánico es un aspecto crítico que se sigue discutiendo por los conflictos sociales que ocasiona el despido de personal en países con altas tasas de desocupación. [...] Es frecuente que muchos servicios municipales de aseo urbano utilicen hasta 50% de su fuerza laboral en el barrido de calles y áreas públicas. [...] La mayoría de las ciudades con más de 200.000 habitantes utiliza personal de barrenderos y barredoras mecánicas. Las ciudades con menos de 200.000 habitantes generalmente emplean barrido manual. [...] La falta o deficiencias en el mantenimiento del equipo es el mayor obstáculo del barrido mecánico. Un aspecto importante del barrido, en áreas con mucha circulación peatonal y en las cuales existen un

alto nivel de ventas callejeras, está relacionado con la educación ambiental para alcanzar una cooperación de la ciudadanía (Acurio, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 2015).

Actualmente el GAD Municipal de Azogues tiene cubierto con el servicio de barrido el 100% de calles pavimentadas, espacios públicos y centros parroquiales. Para mejorar el rendimiento y calidad del barrido, y la optimización de recursos, se recomienda la contratación de personal eventual que refuercen las actividades del personal encargado del barrido de las calles y de los espacios públicos.



Fotografía No. 2. Personal de barrido de calles

Fuente: Equipo Técnico del GADMA

3.1.2.2. Sistema de recolección y transporte de residuos sólidos

Se define como recolección al proceso de recoger los residuos, que son acondicionados por el generador, para posterior a ello transportarlos de manera adecuada y eficiente, sin malos olores, o contaminación por polvo o ruido, a una estación de transferencia, una unidad de tratamiento o al lugar de disposición final.

Un adecuado rendimiento y el logro de altos niveles de eficiencia en la recolección de desechos, considera diversos factores como: capacidad del transporte, cantidad de personal, tipo de residuos, número de viajes entre recolección y depósito de residuos, alcance de servicio del transporte, etc., aspectos que deberán ser evaluados para alcanzar un servicio óptimo y eficiente. En cuanto al horario de recolección y rutas fijadas, es necesario una planificación del espacio territorial de la ciudad, y se consideran áreas homogéneas en tamaño físico y densidad de población para garantizar la operatividad de los camiones.

- a) **Factores que influyen en los tiempos de recolección.** Según señala Rondón *st al.* (2016), en la recolección influyen algunos factores, entre ellos: tipo y ubicación del receptáculos, cantidad de recolectores, zona de recolección y si tiene alta circulación peatonal, tránsito vehicular, horarios de recolección, clima, maquinaria y equipos de recolección.

En todas estas etapas se debe considerar la operación llamada “fuera de ruta”. Ella incluye las actividades relacionadas con el personal de la recolección, que no son productivas en relación con su trabajo, pero sí esenciales e inherentes al sistema, como, por ejemplo, el tiempo empleado por horas de comida, momento de descanso, atenciones menores del vehículo, abastecimiento de combustible, reuniones con supervisores, entre otros. (Rondón *st al.*, 2016)

El GAD Municipal de Azogues, en relación al servicio de recolección ha dividido al Cantón Azogues en sectores como son: dos sectores comerciales, tres sectores residenciales y ocho Sectores Periféricos, éste último incluye las 10 parroquias y sus comunidades.

El sistema de recolección tiene una cobertura del 100% en la zona urbana y un 80% en la zona rural.



Fotografía No. 3. Personal encargado de recolección de residuos inorgánicos.

Fuente: Equipo Técnico del GADMA



Fotografía No. 4. Personal encargado de recolección de residuos orgánicos

Fuente: Equipo Técnico del GADMA



Fotografía No. 5. Clasificación de residuos sólidos en la ciudad de Azogues.

Fuente: Equipo Técnico del GADMA

b) Alternativas para recolección y transporte

Rondón *et al.* (2016), afirma que existen tres grupos de sistema de recogida:

1. Sistemas tradicionales de recogida domiciliaria
 - Recolección de esquina o punto fijo
 - Recogida domiciliaria casa por casa
 - Recogida semi-mecanizada, la misma que está formada por recipientes especiales considerando los grupos de vivienda o tipo edificios
 - Recogida mecanizada, la cual se puede realizar en contenedores especiales, que permitan abarcar manzanas
2. Sistemas que requieren de una inversiones adicionales
3. Recogida selectiva.

c) Decisiones complementarias al sistema de recolección

Una vez elegido el sistema de recolección, se deben considerar otros puntos adicionales como:

- a) **Frecuencia de la recolección.** Dependiendo de las condiciones climáticas, del grado de generación, del área socio-económica, entre otros factores, se debe establecer la frecuencia de recogida de los residuos con periodicidad diaria, tres veces por semana, dos veces por semana o semanal. Los costos serán función de esta periodicidad. (Rondón *et al.*, 2016)
- b) **Horarios.** “Para poder alcanzar un mayor dinamismo del servicio se hace necesario elegir aquel horario, diurno o nocturno, en que exista menor intensidad de tráfico y cree menores problemas por impacto ambiental” (Rondón *et al.*, 2016).

3.1.2.3. Reciclaje

El objetivo del reciclaje es la recuperación (directa o indirecta) de los componentes que contienen los residuos urbanos. Este sistema de tratamiento viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos sólidos que debe tender a lograr los objetivos siguientes: ahorrar energía, recursos naturales y la protección del medio ambiente. (Rondón *et al.*, 2016)

Según Ullca (2005), el reciclado puede efectuarse de dos formas.

- La primera sería la separación de los componentes a recuperar de las basuras domésticas desde su origen, dando lugar a la recogida selectiva en origen. Para ello es

necesaria la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse. (Ullca, 2005)

- La segunda forma de efectuar el reciclado se lo haría en las plantas de reciclaje partiendo de basuras brutas y seleccionando los residuos a reciclar. En este caso la separación de residuos es un proceso costoso ya que demanda mucha mano de obra. (Ullca, 2005)

3.1.2.4. Sistema de recolección y transporte de residuos sanitarios peligrosos

“Para la recolección de los residuos peligrosos que en su mayoría se encuentran en hospitales y centros de salud, es importante considerar separar los desechos peligrosos de los no peligrosos. La importancia de la capacitación del personal es muy importante por la diferencia de los costos de la recolección y tratamiento de una tonelada de residuos comunes y una tonelada de residuos peligrosos de hospitales.” (Rondón *et al.*, 2016)

El manejo interno es responsabilidad del hospital, pero el almacenamiento de los residuos debe normarse por el municipio. Se deben especificar la separación física de los lugares de almacenamiento, el color rojo y las características de las bolsas para los residuos peligrosos y las marcas que deberán llevar. (Rondón *et al.*, 2016)

El sistema de recolección y transporte de residuos sanitarios peligrosos se realiza a nivel de toda la provincia del Cañar. El GAD Municipal de Azogues cuenta con la Licencia Ambiental emitida por el Ministerio del Ambiente mediante Resolución Nro. MAE-DPACÑ-2016-005040 de fecha 12 de diciembre de 2016.

3.2.CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL ACTUAL RELLENO SANITARIO

El manejo seguro de residuos sólidos es importante en la gestión integral de residuos, es por ello que se considera a los rellenos sanitarios como una solución técnica, económica y ambiental (Rondón *et al.*, 2016).

Según Rondón *et al.*, (2016):

El relleno sanitario es una obra de ingeniería que se desarrolla en un área determinada y como resultado final produce la modificación de la topografía del terreno. Su ejecución brinda un servicio que es la disposición final de los residuos sólidos producidos por el núcleo urbano. Así mismo, para describirlo se pueden considerar las siguientes características:

1. Evita riesgos para el medio ambiente y para la salud de los habitantes.
2. El terreno donde se ubica la basura está debidamente delimitado.

3. Por seguridad, el acceso de personas y vehículos es limitado.
4. Es necesario recubrir la basura para reducir la emisión de malos olores.
5. Se controla la emisión de gases y se controlan los lixiviados.

El actual relleno sanitario de la ciudad de Azogues, de acuerdo a su topografía se ha utilizado el método constructivo denominado “vaguada o depresión” que optimiza el uso del terreno mediante la conformación de terrazas de 10 metros de altura cada una y taludes con relación 2:1 (horizontal: vertical) que se van construyendo en forma escalonada, dejando entre cada una de ellas bermas de estabilización de 10 metros de ancho. La vida útil del relleno sanitario es de 20 años, es decir hasta el año 2030. Actualmente se disponen aproximadamente 50 Tn/día de residuos sólidos.



Fotografía No.6. Disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario de la ciudad de Azogues

Fuente: El Autor

Los residuos orgánicos, son los principales constituyentes de los residuos sólidos y requieren ser tratados, ya que al enterrarlos en un relleno sanitario se descomponen, generando otro tipo de residuos contaminantes como son lixiviados y gases, entre ellos el metano en mayor proporción que demandan altos costos para mitigar los impactos que podrían ocasionar en el ambiente y en la salud de los habitantes.

En el sitio en donde se encuentra emplazado el relleno sanitario de la ciudad de Azogues se ha construido una planta de procesamiento de abono orgánico mediante el método de compostaje. Actualmente se procesan 5 Tn/día de residuos orgánicos.



Fotografía No.7. Planta de producción de compost.

Fuente: El Autor.

En cumplimiento a la Normativa Ambiental se ha instalado tanques de sedimentación y lagunas de oxigenación con aireación mecánica como tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de la ciudad de Azogues.



Fotografía No.8. Planta de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de la ciudad.

Fuente: El Autor.

Para el tratamiento de los residuos biopeligrosos que son recolectados separadamente en los establecimientos de salud; se ha construido dentro del área del relleno sanitario una planta de esterilización para estos residuos y se los trata mediante el sistema de Autoclaves por vapor. Actualmente se viene tratando aproximadamente 300 kg/día de residuos biopeligrosos.



Fotografía No. 9. Planta de esterilización de residuos biopeligrosos

Fuente: El Autor.

Como obras complementarias el relleno sanitario dispone de una garita de control, báscula para el registro diario de los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario, oficinas, parqueaderos, comedor, baños y vestidores para el personal, espacios verdes y un cerramiento perimetral.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE LOS INDICADORES BÁSICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE VOLÚMENES DE RESIDUOS SÓLIDOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La caracterización de los residuos sólidos es un proceso destinado al conocimiento exhaustivo de un conjunto integrado de características del residuo, complementado por la toma de muestras, e identificación de los componentes físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. Estos datos normalmente corresponden a mediciones de campo y determinaciones de laboratorio. (Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, 2017)

4.1.1. Generación per cápita

Para el cálculo de la generación per cápita se debe considerar el número de habitantes por cada familia en las viviendas seleccionadas, el peso de los desechos sólidos registrado y los días que se realiza el muestreo.

La fórmula para calcular la generación per cápita es la siguiente:

$$\text{GPC vivienda "n"} = (Pnd2+Pnd3+\dots+Pnd7) / 6 Y$$

Ecuación No. 3. Generacion per cápita.

Fuente: (Rondón *et al.*, 2016).

De donde:

- GPC vivienda “n”: Generación per cápita en la vivienda 1.
- Pnd2: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda n en el día 2.
- Pnd3+.....+ Pnd7: Peso de las bolsas recolectadas de la vivienda n en el día 3 hasta el último día de recolección (día 7).
- X: Número de habitantes de la vivienda n.

“En este sentido, la tasa de producción per cápita de residuos sólidos urbanos varía aproximadamente entre 0,5 Kg/persona/día y 1.0 Kg/persona/día, dependiendo del nivel socioeconómico. En general, a mayor ingreso, mayor es la tasa de producción per cápita” (Rondón *et al.*, 2016).

En el año 2006, la Dirección de Higiene Municipal realizó un muestreo en 72 viviendas ubicadas en diferentes zonas residenciales de la ciudad de Azogues, determinándose una generación per cápita promedio de 0,523 Kg/hab/día; estableciendo un margen de seguridad se asumió una generación de 0,60 Kg/hab/día, valor con el cual se determinó la cantidad de residuos sólidos a disponerse en el nuevo relleno sanitario de la ciudad de Azogues para el periodo de diseño comprendido entre los años 2010 – 2030.

En el año 2013 la Dirección de Gestión Ambiental realiza un estudio para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos entre otros indicadores mismos que se presentan en el siguiente cuadro:

ZONA	GPC Kg/hab/día
Azogues- Residencial 1	0.6574
Azogues- Residencial 2	0.5075
Parroquia Borrero	0.6812
PROMEDIO	0.6154

Cuadro Nro. 7. Generación per cápita zona urbana (2013)

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

ZONA	GPC (2013) Kg/hab/día
Parroquia Javier Loyola	0.3709
Parroquia Cojitambo	0.7748
Parroquia Guapán	0.5458
PROMEDIO	0.5638

Cuadro Nro. 8. Generación per cápita zona rural (2013)

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Analizando los indicadores relacionados a la generación per cápita obtenida en el año 2013 por la Dirección de Gestión Ambiental, podemos observar que existe un incremento en la cantidad de residuos sólidos generados por persona por día de 0.6kg/hab/día a 0.61kg/hab/día como valor promedio en el sector urbano; esto corrobora con lo estipulado en (Rondón *et al.*, 2016) Guía

general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios que establece un rango de 0.5kg/hab/día a 1kg/hab/día.

4.1.2. Determinación del peso específico de los residuos sólidos

El peso específico establece la razón entre el peso y el volumen de una sustancia. Su expresión de cálculo es:

$$Pe = W/v \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

Ecuación No. 4. Peso específico de los residuos sólidos.

Fuente: (Rondón *et al.*, 2016).

De donde:

- Pe = Peso específico (Kg/m³)
- W = Peso de la sustancia (Kg)
- V = volumen de la sustancia (m³)

El peso de los sólidos está relacionado con su constitución y humedad; se deben considerar algunas características importantes como:

1. **Peso específico suelto:** Generalmente se asocia con la densidad en origen, depende de la composición de los residuos, fluctúa entre 0,2 a 0,4 Ton/m³.
2. **Peso específico en transporte:** Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos a transportarlos. El valor típico es del orden de 0.5 a 0.6 Ton/m³.

3. Peso específico dispuesto en relleno: Se debe distinguir entre una basura recién dispuesta y una basura después de asentada y estabilizada en sitio. El peso específico de una basura recién dispuesta fluctúa entre 0.5 a 0.7 Ton/m³ y de la basura estabilizada fluctúa entre 0.7 a 0.9 ton/m³. En todo caso depende también del tipo de maquinaria que se empleó en la compactación de los residuos en el relleno sanitario. (Rondón E. et al., 2016)

Los valores de los pesos específicos de los residuos sólidos sueltos correspondientes a ciudades similares a la ciudad de Azogues, dentro y fuera del país y que fueron utilizados para el estudio del actual relleno sanitario de la ciudad fueron los siguientes:

Lugar	Peso específico (Kg/m ³)
Domicilio	232
Mercados	344
Camión	500
Relleno mecanizado	600 – 750

Cuadro Nro. 9. Valor de pesos específicos de los desechos sólidos

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Esto demuestra que los valores de los pesos específicos utilizados por la Dirección de Gestión Ambiental cumple con los establecidos según (Rondón E. et al., 2016), por lo cual se considerarán estos valores para los cálculos respectivos.

4.1.3. Composición física de los residuos sólidos

La Composición física de los residuos sólidos obtenida por la Dirección de Gestión Ambiental en el año 2013 dio los siguientes resultados:

MATERIAL	2013
	PESO (%)
Materia orgánica	57.57
Papel y Cartón	6.69
Plástico	5.29
Textiles	1.69
Vidrio	2.8
Metales (latas)	0.93
Espuma flex	0.07
Otros	15.3
Fundas plásticas	9.66
TOTAL	100

Cuadro Nro. 10. Composición de los desechos sólidos en Azogues (año 2013)

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

4.2. PROYECCIÓN POBLACIONAL

La proyección poblacional se refiere al número de habitantes para los cuales se diseña un proyecto con la finalidad de que este funcione eficientemente durante su periodo de diseño. Para su valoración se analizan las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes.

El cálculo de la población futura se realiza en base a la poblacional actual determinada mediante un recuento poblacional, a partir del cual se harán las proyecciones de crecimiento utilizando al menos tres métodos conocidos de estimación futura. (INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992)

La proyección de la población futura utilizada en el estudio desarrollado para el relleno sanitario de la ciudad de Azogues en el año 2008, mismo que se encuentra en operación es el siguiente:

Año	Población proyectada INEC	Año	Población proyectada INEC
2001	66,590	2016	78,368
2002	67,465	2017	79,153
2003	68,049	2018	79,938
2004	68,697	2019	80,723
2005	69,414	2020	81,508
2006	70,206	2021	82,293
2007	70,977	2022	83,078
2008	71,819	2023	83,863
2009	72,706	2024	84,648
2010	73,658	2025	85,433
2011	74,443	2026	86,218
2012	75,228	2027	87,003
2013	76,013	2028	87,788
2014	76,798	2029	88,573
2015	77,583	2030	89,358

Cuadro Nro. 11. Proyección de la población utilizada en el diseño del nuevo relleno sanitario de la ciudad de Azogues (2001-2030)

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Las proyecciones poblacionales realizadas por el INEC para el Cantón Azogues, áreas urbanas y rurales, en el período 2010 al 2020 se presentan a continuación:

AÑO	POBLACION
2,010	73,407
2,011	74,698
2,012	76,003
2,013	77,310
2,014	78,615
2,015	79,917
2,016	81,212
2,017	82,497
2,018	83,770
2,019	85,030
2,020	86,276

Cuadro Nro. 12. Proyección poblacional realizada por el INEC período 2010-2020

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

La proyección poblacional realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador para el periodo 2010-2020 de acuerdo al censo poblacional del año 2010, establece que para el año 2020 en el cantón Azogues tendrá una población igual a 86.276 habitantes, superior a la calculada en la proyección del estudio para el relleno sanitario que en el mismo año es igual a 81.508 habitantes; con una diferencia de 4.768 habitantes.

En el presente año existe una población adicional en el cantón Azogues no prevista en la proyección realizada por el INEC y que depende principalmente de dos factores importantes como son el funcionamiento de la Universidad Nacional de Educación UNAE que tiene una capacidad para estudiantes y docentes de aproximadamente 6.000 personas, a esto hay que sumarle la población que a inmigrado de otros países principalmente de Venezuela a nuestro y a otros países de la región huyendo de la crisis económica; de acuerdo a un comunicado emitido por la Secretaría Nacional de Comunicación SECOM hasta el 29 de agosto de 2018 han ingresado 641.353 Venezolanos de los cuales se han quedado a residir en el país el 18,04% que equivale a 115.690 Venezolanos; No existe un número de extranjeros que residen en el cantón Azogues por lo cual el GAD Municipal de Azogues estima 4.000 personas para el presente año que equivale al 3.46% de la inmigrantes que se han quedado a residir en nuestro país.

A continuación se realiza la proyección de la población para el cantón Azogues considerando el periodo de diseño de 20 años a partir del año 2030 hasta el año 2050 y utilizando los métodos aritmético, geométrico y de correlación para luego, del conjunto de resultados tomar la decisión correspondiente respecto a la población de diseño. Se parte de la proyección realizada por el INEC para el año 2020 sumando la población de estudiantes y docentes de la UNAE y considerando el número de extranjeros que estén residiendo en nuestro cantón; por lo tanto la población inicial para la proyección en nuestro periodo de diseño parte con 96.276 habitantes en el año 2020.

Entre los métodos más conocidos para determinar la población futura tenemos:

1. **Método aritmético:** Es un método de estimación futura y se caracteriza porque la población aumenta a una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir, que a la población del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro.

Este método es recomendado para poblaciones pequeñas, con un bajo nivel de desarrollo, o con tasas de crecimiento casi nulas (MAVDT, 2003).

Se emplea la expresión:

$$Pf = Pactual + Kam \times n$$

Ecuación No. 5. Población futura método aritmético.

Fuente: (Rondón *et al.*, 2016).

En donde:

- Pf: Población futura
- Pactual: Población actual
- Kam: Coeficiente de crecimiento aritmético
- n: Periodo de Diseño

Para la aplicación del método se consideran los siguientes tres últimos valores censales, para nuestro caso adoptamos la población urbana del cantón Azogues:

Año	Población
1990	21060
2001	27866
2010	34174

Cuadro Nro. 13. Tres últimos valores censales

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Se obtienen sucesivamente los valores:

$$Ka1 = (27866 - 21060) / (2001-1990) = 619 \text{ hab x año}$$

$$Ka2 = (34174 - 27866) / (2010-2001) = 701 \text{ hab x año}$$

$$Ka \text{ medio} = (619 + 701) / 2 = 660 \text{ hab x año}$$

Para el cálculo de la población futura consideramos la población proyectada por el INEC para el año 2020 más la población por influencia de la UNAE y los extranjeros que residen en nuestro cantón y que se estima en 96.276 habitantes.

Población actual =	96276	hab. (Año 2020)
Tasa de crecimiento =	660	%

Año	Población proyectada método Aritmético	Año	Población proyectada método Aritmético	Año	Población proyectada método Aritmético
2020	96276				
2021	96,474	2031	98,454	2041	100,434
2022	96,672	2032	98,652	2042	100,632
2023	96,870	2033	98,850	2043	100,830
2024	97,068	2034	99,048	2044	101,028
2025	97,266	2035	99,246	2045	101,226
2026	97,464	2036	99,444	2046	101,424
2027	97,662	2037	99,642	2047	101,622
2028	97,860	2038	99,840	2048	101,820
2029	98,058	2039	100,038	2049	102,018
2030	98,256	2040	100,236	2050	102,216

Cuadro Nro. 14. Proyección de la población en el cantón Azogues, método Aritmético

Fuente: El Autor

La población futura proyectada al año 2050, mediante el método aritmético será por tanto: 102.216 habitantes.

- Método geométrico:** Este método es útil en poblaciones que presenta una actividad económica importante, que generan un desarrollo apreciable, poseen áreas de expansión considerables las cuales pueden ser dotadas de servicios básicos sin dificultad alguna.

El crecimiento es geométrico si el aumento poblacional es proporcional al tamaño de la población (MAVDT, 2003).

Se expresa de la siguiente manera:

$$Pf = Pa (1 + r)^t$$

Ecuación No. 6. Población futura método geométrico.

Fuente: (Rondón *et al.*, 2016).

De donde :

- Pf: población futura
- Pa: población actual o base
- r: tasa de crecimiento geométrico
- t: tiempo de proyección

Utilizando los mismos datos anteriores, se obtiene:

$$Kg1 = (\ln 27866 - \ln 21060) / (2001-1990) = 0.0254 \text{ hab x año}$$

$$Kg2 = (\ln 34174 - \ln 27866) / (2010-2001) = 0.0226 \text{ hab x año}$$

$$Kg \text{ medio} = (0.0254 + 0.0226) / 2 = 0.024 \text{ hab x año}$$

De igual manera que en el caso anterior, para el cálculo de la población futura consideramos la población proyectada por el INEC para el año 2020 más la población por influencia de la UNAE y los extranjeros que residen en nuestro cantón y que se estima en 96.276 habitantes.

Población actual = 96276 hab. (Año 2020)
Tasa de crecimiento = 0.024 %

Año	Población proyectada método Geométrico	Año	Población proyectada método Geométrico	Año	Población proyectada método Geométrico
2020	96276				
2021	96972	2031	104210	2041	111989
2022	97672	2032	104963	2042	112798
2023	98378	2033	105721	2043	113613
2024	99089	2034	106485	2044	114434
2025	99805	2035	107255	2045	115261
2026	100526	2036	108030	2046	116094
2027	101252	2037	108810	2047	116932
2028	101984	2038	109596	2048	117777
2029	102720	2039	110388	2049	118628
2030	103463	2040	111186	2050	119485

Cuadro Nro. 15. Proyección de la población en el cantón Azogues, método Geométrico

Fuente: El Autor

La población futura proyectada al año 2050, mediante el método geométrico será por tanto:
119.485 habitantes.

- Método de correlación:** Para realizar la estimación de la población utilizando este método se requiere datos de otras regiones con características similares y datos socioeconómicos análogos a la región en estudio, con el fin de realizar la correlación respectiva.

La expresión a utilizar es la siguiente:

$$P2 = P2R * \left(\frac{P1}{P1R}\right)$$

Ecuación No. 7. Población futura método de correlación.

Fuente: (Rondón *et al.*, 2016).

De donde:

- P2=Población futura de la región en estudio
- P2R=Población actual de la región estudio
- P1=Población futura de la región semejante
- P1R=Población actual de la región semejante

Para el cálculo de la población en el cantón Azogues mediante este método adoptamos la población actual de una región semejante considerando la población del cantón Cuenca de acuerdo a los censos poblacionales realizados por el INEC y la población actual de la ciudad de Cuenca de acuerdo a la proyección realizada por la misma institución del estado.

Para la aplicación del método aritmético para calcular la población futura de la región semejante (cantón Cuenca), se consideran los siguientes tres últimos valores censales.

Año	Población
1990	331.028
2001	417.632
2010	524.563

Cuadro Nro. 16. Tres últimos valores censales Cantón Cuenca

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Se obtienen sucesivamente los valores:

$$Ka1 = (417.632 - 331.028) / (2001-1990) = 7.873,09 \text{ hab x año}$$

$$Ka2 = (524.563 - 417.632) / (2010-2001) = 11.881,22 \text{ hab x año}$$

$$Ka \text{ medio} = (7.873,09 + 11.881,22) / 2 = 9.877,16 \text{ hab x año}$$

Población actual = 636996 hab. (Año 2020)

Tasa de crecimiento = 9877.2 %

Año	Población proyectada método Aritmético	Año	Población proyectada método Aritmético	Año	Población proyectada método Aritmético
2020	636996				
2021	639,959	2031	669,591	2041	699,222
2022	642,922	2032	672,554	2042	702,185
2023	645,885	2033	675,517	2043	705,148
2024	648,849	2034	678,480	2044	708,112
2025	651,812	2035	681,443	2045	711,075
2026	654,775	2036	684,406	2046	714,038
2027	657,738	2037	687,370	2047	717,001
2028	660,701	2038	690,333	2048	719,964
2029	663,664	2039	693,296	2049	722,927
2030	666,627	2040	696,259	2050	725,890

Cuadro Nro. 17. Proyección de la población en el cantón Cuenca, método Aritmético

Fuente: El Autor

Para determinar la población futura en el cantón Azogues por el método de correlación disponemos de los siguientes datos:

P1= 725.890 habitantes (año 2050 cantón Cuenca)

P1R= 636.996 habitantes (año 2020 cantón Cuenca)

P2R= 96.576 habitantes (año 2020 cantón Azogues)

P2R (Población actual de la región en estudio) = 96576 hab. (año 2020)

P1 (Población futura de la región semejante) = 725890 hab. (año 2050)

P1R (Población actual de la región semejante) = 636996 hab. (año 2020)

Año	Población proyectada método Correlación
2020	96576
2050	110053

Cuadro Nro. 18. Proyección de la población en el cantón Azogues, método de Correlación

Fuente: El Autor

Método	Nro. de habitantes año 2050
Aritmético	102.216 habitantes
Geométrico	119.485 habitantes
Correlación	110.053 habitantes

Cuadro Nro. 19. Proyección de la población futura del cantón Azogues, año 2050

Fuente: El Autor

Para la determinación de la población futura en el cantón Azogues en el periodo 2030 – 2050 realizamos el cálculo de la media aritmética con los datos obtenidos mediante las proyecciones poblacionales obtenidas con los métodos Aritmético y Geométrico.

Año	Población proyectada método Aritmético	Población proyectada método Geométrico	Población proyectada Media Aritmética
2030	98,256	103463	100859
2031	98,454	104,210	101332
2032	98,652	104,963	101808
2033	98,850	105,721	102286
2034	99,048	106,485	102767
2035	99,246	107,255	103250
2036	99,444	108,030	103737
2037	99,642	108,810	104226
2038	99,840	109,596	104718
2039	100,038	110,388	105213
2040	100,236	111,186	105711
2041	100434	111989	106212
2042	100632	112798	106715
2043	100830	113613	107222
2044	101028	114434	107731
2045	101226	115261	108243
2046	101424	116094	108759
2047	101622	116932	109277
2048	101820	117777	109799
2049	102018	118628	110323
2050	102216	119485	110851

Cuadro Nro. 20. Proyección de la población futura del cantón Azogues, Periodo 2030 – 2050

Fuente: El Autor

4.3.PERIODO DE DISEÑO

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), se define al periodo de diseño como el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones. En general se considera que las obras de fácil ampliación deben tener períodos de diseño más cortos, mientras que las obras de gran envergadura o aquellas que sean de difícil ampliación, deben tener períodos de diseño más largos. En ningún caso se proyectarán obras definitivas con períodos menores que 15 años.

El periodo de diseño considerado para la operación del actual relleno sanitario de la ciudad de Azogues es de 20 años, por lo cual el periodo de diseño adoptado en esta guía técnica se considera óptimo el mismo valor siendo el horizonte de diseño hasta el año 2050, asumiendo que las obras del nuevo relleno sanitario para el cantón Azogues se construirán en el año 2029 y entre en funcionamiento en el año 2030.

4.4.PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

El orden para estimar la demanda o proyección en la generación de los residuos sólidos a esperarse en un periodo de diseño es el siguiente:

Rondón *et al.* (2016), considera que:

Una proyección es posible determinarla de diferentes maneras de acuerdo a la cantidad de datos disponibles: número de personas que generan residuos sólidos en sus domicilios, número y tamaño de establecimientos comerciales, institucionales e industriales que generan residuos sólidos asimilables a urbanos y la superficie de parques, jardines y áreas verdes en general, centros de salud y mercados generadores de residuos sólidos. Como complemento a estos datos a recolectarse, se debe tener presente que la demanda por disposición de RSD, en muchos casos tiene un comportamiento estacional. Por ejemplo, en ciudades turísticas, existe una mayor demanda durante las vacaciones (diciembre, semana santa o verano), debido a la mayor población flotante. En estos meses es también posible apreciar un mayor contenido de materia orgánica en los desechos.

4.4.1. Generación de Desechos Hospitalarios y de Grandes Productores

Desechos Hospitalarios: La Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues ha determinado una generación de 0,26 Toneladas/día de desechos hospitalarios que se recolectan de los diferentes establecimientos de salud en el cantón Azogues en el año 2018, este valor es un promedio de los datos recopilados diariamente en la báscula del relleno sanitario y se estima un crecimiento promedio del 5% anual, por cuanto el servicio de recolección de estos residuos se extenderá a toda la provincia del Cañar de acuerdo a la Licencia Ambiental que dispone la municipalidad de Azogues.

Año	Residuos biopeligrosos recolectados (ton/día)	Año	Residuos biopeligrosos recolectados (ton/día)	Año	Residuos biopeligrosos recolectados (ton/día)
2018	0.26	2029	0.445	2040	0.761
2019	0.273	2030	0.467	2041	0.799
2020	0.287	2031	0.490	2042	0.839
2021	0.301	2032	0.515	2043	0.880
2022	0.316	2033	0.541	2044	0.924
2023	0.332	2034	0.568	2045	0.971
2024	0.348	2035	0.596	2046	1.019
2025	0.366	2036	0.626	2047	1.070
2026	0.384	2037	0.657	2048	1.124
2027	0.403	2038	0.690	2049	1.180
2028	0.424	2039	0.724	2050	1.239

Cuadro Nro. 21. Proyección de los residuos biopeligrosos recolectados en el cantón Azogues y provincia del Cañar

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Desechos de grandes productores.- Estos desechos provienen específicamente del Terminal Terrestre, Cementerio y los mercados de la ciudad como son mercado San Francisco, Recinto Ferial, Mercado Sucre que en los próximos meses se trasladará al nuevo mercado de la ciudad que se encuentra en construcción y la feria de ropa. En cada uno de estos espacios públicos se encuentran contenedores de 3 yds³ que equivale a 2,30 m³ cada contenedor, la Dirección de Gestión Ambiental ha determinado una generación de 23,66 Toneladas/día para el año 2018 y estiman un crecimiento promedio del 0,5%.

Espacio Público	Nro. de contenedores	volumen de residuos (m3)
Mercado San Francisco	1 contenedor/día	2.3
Mercado Sucre	3 contenedores/día	6.9
Recinto Ferial	3 contenedores/día	6.9
Feria de Ropa	1 contenedor/semana	0.33
Cementerio	1 contenedor/semana	0.33
Terminal Terrestre	2 contenedores/día	4.6
Centro Comercial Bartolomé Serrano	1 contenedor/día	2.3
Total		23.66

Cuadro Nro. 22. Volumen de residuos sólidos generados por los grandes productores en la ciudad de Azogues

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

De acuerdo al numeral 4.1.2 el peso específico de los desechos de mercados es igual a 344 kg/m³, lo que multiplicado por la cantidad de desechos recolectados por día de los grandes productores da un total de 8.139,04 kilogramos/día o 8,14 toneladas/día para el año 2018.

Año	Residuos grandes productores (ton/día)	Año	Residuos grandes productores (ton/día)	Año	Residuos grandes productores (ton/día)
2018	8.14	2029	8.599	2040	9.084
2019	8.181	2030	8.642	2041	9.129
2020	8.222	2031	8.685	2042	9.175
2021	8.263	2032	8.729	2043	9.221
2022	8.304	2033	8.772	2044	9.267
2023	8.346	2034	8.816	2045	9.313
2024	8.387	2035	8.860	2046	9.360
2025	8.429	2036	8.905	2047	9.407
2026	8.471	2037	8.949	2048	9.454
2027	8.514	2038	8.994	2049	9.501
2028	8.556	2039	9.039	2050	9.549

Cuadro Nro. 23. Cantidad de residuos sólidos generados por los grandes productores en la ciudad de Azogues

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

4.4.2. Proyección de la Demanda de Volúmenes de Desechos Sólidos y Marea de Cobertura

Para explicar cómo se calcula una proyección de la generación de residuos sólidos para una localidad, consideramos mediante el Cuadro 24 y tomamos como ejemplo a la ciudad de Azogues. Los cálculos realizados en cada columna hasta llegar a la determinación de los volúmenes necesarios para la implantación de un relleno sanitario en el periodo asumido del 2030 al 2050 se presentan a continuación:

Columna I: Año: Se estima que este equipamiento entrará en operación en el año 2030.

Columna II: Población Total (hab.): Población Total en el Cantón Azogues proyectada hasta el final del periodo de diseño, año 2050.

Columna III: Cobertura del servicio urbano y rural (%): Cobertura del servicio en la población urbana y rural: La cobertura de recolección de la población urbana y rural se estima que en el año 2030 alcanzará el 100%.

Columna IV: Población servida: Es la población servida con el sistema de recolección de residuos sólidos, que es el producto de la población total por la cobertura del servicio.

Columna V: Desechos domiciliarios generados (Ton/día): Total diario de desechos domiciliarios generados en el cantón Azogues y obtenido multiplicando la población total servida por una generación per cápita de 0,7077 Kg/hab./día.

Columna VI: Desechos Centros de Salud (Ton/día): La Dirección de Gestión Ambiental ha determinado una generación de 0,26 Toneladas/día de desechos hospitalarios o biopeligrosos para el año 2018 y se estima un crecimiento promedio anual del 5%.

Columna VII: Desechos de grandes productores (Ton/día): Los desechos de los grandes productores como son el Terminal Terrestre, Cementerio y los mercados de la ciudad entre los que tenemos al mercado San Francisco, Recinto Ferial, Mercado Sucre y la feria de ropa. La Dirección de Gestión Ambiental ha determinado una generación de 8,14 Toneladas/día para el año 2018 y se estima un crecimiento promedio anual del 0,5%.

Columna VIII: Peso promedio de desechos a ser recolectados (Ton/día): El peso promedio de desechos a ser recolectados es la suma de los desechos domiciliarios generados y sumados los desechos hospitalarios y de los grandes productores.

Columna IX: Promedio diario de sólidos a ser dispuestos (m^3): Volumen diario de desechos sólidos a ser dispuestos, el cual se obtiene dividiendo el peso promedio de desechos a ser recolectados para el peso específico que se estima alcanzarán los desechos sólidos en el relleno sanitario y cuyo valor es de $700 \text{ kg}/m^3$.

Columna X: Volumen anual de desechos sólidos (m^3): Volumen anual de desechos sólidos a ser dispuestos obtenido multiplicando el promedio diario por 365 días del año.

Columna XI: Volumen anual de desechos sólidos considerando el asentamiento (m^3): Volumen anual de desechos sólidos considerando un asentamiento del 15% en el relleno sanitario. La disminución por asentamiento se debe a la descomposición de la materia orgánica y a la pérdida de humedad propia de los desechos. Los asentamientos se estiman en un 15% del volumen de los desechos.

Columna XII: Volumen anual acumulado (m^3): Volumen anual acumulado de desechos sólidos a ser dispuestos en m^3 .

Columna XIII: Volumen diario de material de cobertura (m^3): De conformidad a los cálculos realizados para la celda tipo diseñada, se ha estimado un volumen de material de cobertura que representa el 10,12% del volumen diario de desechos sólidos generados.

Columna XIV: Volumen anual de material de cobertura (m^3): Se ha obtenido multiplicando el volumen diario de material de cobertura por los 365 días del año.

Columna XV: Volumen anual acumulado de material de cobertura (m^3)

Columna XVI: Volumen total requerido en el relleno sanitario ($m^3/año$): Volumen total requerido en el relleno sanitario, valor obtenido sumando el volumen anual a ser

dispuesto (considerando el asentamiento) y sumado el volumen anual de material de cobertura requerido.

Columna XVII: Volumen total acumulado requerido en el relleno sanitario (m³/acumulado)

Es importante mencionar que para la determinación de la vida útil del relleno sanitario se han considerado las condiciones más desfavorables para el proyecto, esto es:

1. No se implementen y mantengan programas de reciclaje tanto de la materia orgánica así como de la inorgánica.
2. No se optimice el uso del material de cobertura, es decir, que no se retire dicho material de una celda terminada, previo la construcción de una nueva celda encima de la primera.
3. Los asentamientos por efectos de la descomposición de la materia orgánica y debido a la humedad propia de los desechos alcancen valores del 15%, cuando existen experiencias en donde se han alcanzado valores mayores al 20%.

El cuadro general en el que se calcula el volumen total de los residuos sólidos, material de cobertura y volumen requerido para el diseño del nuevo relleno sanitario para el cantón Azogues en el periodo 2030 – 2050 se presenta en el cuadro Nro. 24.

Cuadro Nro. 24

PROYECCION DE LA DEMANDA DE VOLUMENES DE DESECHOS SOLIDOS Y MATERIAL DE COBERTURA PARA LA CELDA EMERGENTE DEL CANTÓN AZOGUES
(No se considera aprovechamiento del componente orgánico y del reciclable: papel, cartón, plásticos y metal)

AÑO	POBLACION TOTAL (Hab)	COBERTURA DEL SERVICIO (URBANO Y RURAL) (%)	POBLACION SERVIDA (Pu)	DESECHOS DOMICILIARIOS GENERADOS (Ton/día)	DESECHOS CENTROS DE SALUD (Ton/día)	DESECHOS GRANDES PRODUCTOR (Ton/día)	PESO PROM. D.S. GENERADOS (Ton/día)	SÓLIDOS A SER DISPUESTOS				VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA			VOLUMEN TOTAL REQUERIDO EN LA CELDA EMERGENTE	
								PROMEDIO DIARIO (m3)	ANUAL (m3)	VOL. INCLUIDO ASENTAMIENTO ANUAL (m3)	ACUMULADO (m3)	DIARIO	ANUAL	ACUMULADO	(m3/AÑO)	ACUMULADO (m3)
												(m3)	(m3)	(m3)		
(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)	(IX)	(X)	(XI)	(XII)	(XIII)	(XIV)	(XV)	(XVI)	(XVII)
2030	100,859	100%	100,859	71.38	0.47	8.64	80.49	107.32	39,170	33,295	33,295	12.98	4,739	4,739	38,034	38,034
2031	101,332	100%	101,332	71.71	0.49	8.69	80.89	107.85	39,366	33,461	66,756	13.05	4,763	9,503	38,224	76,258
2032	101,808	100%	101,808	72.05	0.51	8.73	81.29	108.39	39,562	33,628	100,384	13.11	4,787	14,290	38,415	114,673
2033	102,286	100%	102,286	72.39	0.54	8.77	81.70	108.93	39,761	33,797	134,180	13.18	4,811	19,100	38,608	153,281
2034	102,767	100%	102,767	72.73	0.57	8.82	82.11	109.48	39,961	33,967	168,147	13.25	4,835	23,936	38,802	192,083
2035	103,250	100%	103,250	73.07	0.60	8.86	82.53	110.04	40,163	34,138	202,286	13.31	4,860	28,795	38,998	231,081
2036	103,737	100%	103,737	73.41	0.63	8.90	82.94	110.59	40,366	34,312	236,597	13.38	4,884	33,679	39,196	270,277
2037	104,226	100%	104,226	73.76	0.66	8.95	83.37	111.16	40,572	34,486	271,083	13.45	4,909	38,588	39,395	309,672
2038	104,718	100%	104,718	74.11	0.69	8.99	83.79	111.72	40,779	34,662	305,746	13.52	4,934	43,523	39,596	349,268
2039	105,213	100%	105,213	74.46	0.72	9.04	84.22	112.30	40,988	34,840	340,586	13.59	4,959	48,482	39,799	389,068
2040	105,711	100%	105,711	74.81	0.76	9.08	84.66	112.87	41,199	35,019	375,605	13.66	4,985	53,467	40,004	429,072
2041	106,212	100%	106,212	75.17	0.80	9.13	85.09	113.46	41,412	35,201	410,806	13.73	5,011	58,478	40,211	469,283
2042	106,715	100%	106,715	75.52	0.84	9.18	85.54	114.05	41,627	35,383	446,189	13.80	5,037	63,515	40,420	509,704
2043	107,222	100%	107,222	75.88	0.88	9.22	85.98	114.64	41,845	35,568	481,757	13.87	5,063	68,578	40,631	550,335
2044	107,731	100%	107,731	76.24	0.92	9.27	86.43	115.24	42,064	35,754	517,511	13.94	5,090	73,667	40,844	591,179
2045	108,243	100%	108,243	76.60	0.97	9.31	86.89	115.85	42,285	35,943	553,454	14.02	5,116	78,784	41,059	632,238
2046	108,759	100%	108,759	76.97	1.02	9.36	87.35	116.46	42,509	36,133	589,587	14.09	5,143	83,927	41,276	673,514
2047	109,277	100%	109,277	77.34	1.07	9.41	87.81	117.08	42,735	36,325	625,912	14.17	5,171	89,098	41,496	715,010
2048	109,799	100%	109,799	77.70	1.12	9.45	88.28	117.71	42,964	36,519	662,431	14.24	5,198	94,297	41,718	756,728
2049	110,323	100%	110,323	78.08	1.18	9.50	88.76	118.34	43,195	36,716	699,147	14.32	5,226	99,523	41,942	798,670
2050	110,851	100%	110,851	78.45	1.24	9.55	89.24	118.98	43,428	36,914	736,061	14.40	5,255	104,778	42,169	840,839

ELABORACION: Santiago Quevedo Pesantez

FECHA: octubre de 2018

NOTAS:

- SE EMPLEA UNA DENSIDAD DE LOS DESECHOS SOLIDOS DISPUESTOS EN EL RELLENO IGUAL A 750 Kg/m3
- LA DISMINUCION POR ASENTAMIENTO SE DEBE A LA DESCOMPOSICION DE LA MAYORIA DE LOS DESECHOS Y A LA PERDIDA DE HUMEDAD. SE ESTIMA PARA ESTE PARAMETRO UN 15% DEL VOLUMEN DE LOS DESECHOS.
- DE LOS CALCULOS OBTENIDOS PARA LA CELDA TIPO SE ESTIMA QUE EL VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA ES IGUAL AL 12.10 % DEL VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS A SER DISPUESTOS.
- SE CONSIDERA UNA GENERACION PERCAPITA 0.71 (kg/Hab/día)

4.4.3 Volumen Requerido en el Nuevo Relleno Sanitario

En el Cuadro 25 se presentan los volúmenes anuales y acumulados de material de cobertura y de desechos sólidos a disponerse en el nuevo Relleno Sanitario de Azogues periodo 2030-2050. Se observa que en el período comprendido entre los años 2030 al 2050 (veinte años de vida útil) se depositarán 736.061 m³ de residuos sólidos y se requerirá un volumen de material de cobertura igual a 104.778 m³, por lo que el volumen total requerido es de 840.839 m³.

AÑO	VOLUMEN MATERIAL DE COBERTURA		VOLUMEN RELLENO SANITARIO	
	ANUAL (m3)	ACUMULADO (m3)	ANUAL (m3)	ACUMULADO (m3)
2030	4,739	4,739	38,034	38,034
2031	4,763	9,503	38,224	76,258
2032	4,787	14,290	38,415	114,673
2033	4,811	19,100	38,608	153,281
2034	4,835	23,936	38,802	192,083
2035	4,860	28,795	38,998	231,081
2036	4,884	33,679	39,196	270,277
2037	4,909	38,588	39,395	309,672
2038	4,934	43,523	39,596	349,268
2039	4,959	48,482	39,799	389,068
2040	4,985	53,467	40,004	429,072
2041	5,011	58,478	40,211	469,283
2042	5,037	63,515	40,420	509,704
2043	5,063	68,578	40,631	550,335
2044	5,090	73,667	40,844	591,179
2045	5,116	78,784	41,059	632,238
2046	5,143	83,927	41,276	673,514
2047	5,171	89,098	41,496	715,010
2048	5,198	94,297	41,718	756,728
2049	5,226	99,523	41,942	798,670
2050	5,255	104,778	42,169	840,839

Cuadro Nro. 25. Resumen volumen de material de cobertura y volumen requerido en el relleno sanitario

Fuente: El Autor

CAPITULO 5

ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

5.1.ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El área de influencia de un proyecto en general se divide en área de influencia Directa y área de influencia Indirecta.

Área de Influencia Directa: Se considera área de influencia directa al espacio físico en donde las actividades del proyecto afectan a los componentes ambientales del área, considerando los impactos directos incluyendo aquellos de mayor o menor magnitud e intensidad, siendo esta área de 85,30 Ha. Dentro de esta área de Influencia Directa el nuevo relleno sanitario se localizará en las comunidades de Chapte UTM Este:737400, Norte:9693600, San Jacinto UTM Este:736436, Norte:9695038 y Macas UTM Este:736570, Norte:9694134.

Área de Influencia Indirecta: El área de influencia indirecta en cambio es aquella zona en donde el proyecto genera impactos indirectos; es decir, aquellos que ocurren en el espacio diferente a donde se produjo la acción que generó el impacto ambiental. El área de influencia indirecta del nuevo relleno sanitario para la ciudad de Azogues tiene una cobertura de 1.310.000 m² (131 Ha) que constituye el área aproximada de la micro cuenca de la quebrada Chapte.

5.2.LOCALIZACIÓN DEL ÁREA PREVISTA PARA EL NUEVO RELLENO SANITARIO PARA EL CANTÓN AZOGUES

El Ministerio del Medio Ambiente y Agua (2012), señala que:

Existen dos métodos que se emplean en la localización de posibles sitios para un relleno sanitario: a) por conocimiento del área y b) por los mapas sobrepuestos. Al respecto, generalmente se aplica el criterio de conocimiento de área, que consiste en un flujo de información por parte de las autoridades del municipio, el jefe de Catastro y personas que conozcan muy bien la zona, quienes proporcionarán información acerca de las áreas que se pueden usar.

5.2.1. Área requerida

Consiste en estimar el área requerida para el nuevo relleno sanitario. Los datos básicos para el cálculo son: población servida, producción per cápita de residuos, densidad de los residuos sólidos estabilizados y una estimación de la altura a alcanzar” (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

También debe considerarse un aumento de área para las piscinas o lagunas de lixiviados y obras complementarias, como la construcción de instalaciones administrativas, vías de circulación, patio de maniobras, maestranza o mecánica de vehículos, caseta de control, canales perimetrales, cerca perimetral, arborización perimetral y otros que se indicarán más adelante. Para el cálculo de

Área Total, al Área requerida para el relleno sanitario, se incrementará entre un 20 a 30% adicional.

(Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012)

En el siguiente cuadro muestran de manera referencial las porciones de áreas requeridas con un horizonte de vida útil de 20 años. El área total variará en dependencia del tipo de relleno sanitario y la topografía del sector.

Municipio	Habitantes	Generación Ton/día	Área Total requerida
Población A	2000-10.000	Entre 2 a 5	2 a 5 Ha
Población B	10.000-50.000	Entre 5 a 25	5 a 10 Ha
Población C	50.000-100.000	Entre 25 a 50	10 a 20 Ha
Población D	100.000-500.000	Entre 50 a 350	20 a 30 Ha
Población E	500.000-1.000.000	Entre 350 a 650	30 a 40 Ha
Población F	Más de 1.000.000	Más de 650	Más de 40 Ha

Cuadro Nro. 25 Área Total Referencial Requerida para el Relleno Sanitario por Población y Generación Total

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Agua/VAPSB/DGGIRS

De acuerdo al cuadro numero 25 el Cantón Azogues se encontraría como población C, entre 50000 a 100000 habitantes y con una generación de 25 a 50 Ton/día de residuos sólidos, con lo cual se requeriría un área de 10 a 20 Ha para el emplazamiento del relleno sanitario.

5.2.2. Factores a considerar para la evaluación de sitios

La Legislación Ambiental Ecuatoriana en base a la Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, del Libro VI Anexo 6 del TULMA Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente (2015). Considera entre otros, los siguientes criterios de selección:

- a) Distancia no menor de 13 Km. de los límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje.
- b) No debe ubicarse en zonas donde se ocasione daños a los recursos hídricos, flora, fauna, zonas agrícolas, paisaje natural, bienes culturales.
- c) Distancia mínima de 200 m de la fuente superficial más próxima.
- d) No deben escogerse zonas que presenten fallas geológicas, lugares inestables, cauces de quebradas, zonas propensas a deslaves, a agrietamientos, desprendimientos, inundaciones, etc., que pongan en riesgo la seguridad del personal o la operación del relleno.
- e) El relleno sanitario no debe ubicarse en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad.
- f) Debe estar ubicado a vías con facilidad de acceso.
- g) Se debe considerar la permeabilidad de los suelos (menor o igual que 1×10^{-7} cm/s).
- h) Se deberá estimar un tiempo de vida útil del relleno sanitario de por lo menos 10 años.

(Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

Considerando cada uno de los factores antes descritos se sugiere como propuesta dentro de este trabajo de investigación para el diseño y construcción del nuevo relleno sanitario proyectado para el periodo 2030 – 2050 debe corresponder a la misma microcuenca hidrográfica de la Quebrada Chapte ya que el terreno en donde se propone se emplace este nuevo relleno sanitario estaría ubicado en la parte superior del actual relleno sanitario.

El área calculada para el emplazamiento específico de las terrazas para la disposición final de los residuos sólidos en el nuevo relleno sanitario propuesto es de: 48652.20 m²



Grafico Nro. 8: Área propuesta para el diseño y construcción del nuevo relleno sanitario para la ciudad de Azogues en el sector Chapte periodo 2030-2050

Fuente: Google Earth

De los estudios de Ingeniería básica existentes y que han sido proporcionados por la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues, luego del análisis respectivo se presenta los siguientes datos:






5.3.METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO

Hidrología es el estudio de la circulación, distribución y propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones en forma de lluvia, la escorrentía, saturación del suelo y la evapotranspiración. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

Para un estudio hidrológico se deberá tomar en lo posible, registros que abarquen un período de 20 años como mínimo. Entre los principales estudios meteorológicos e hidrológicos requeridos para el diseño de un relleno sanitario son los siguientes:

5.3.1 Nubosidad

El cielo en el Cantón Azogues permanece nublado un 60% del año, lo que perjudica la dispersión atmosférica, sólo en los meses de verano (junio, julio y agosto) se mejora la radiación solar, esto permite un mayor poder conectivo del viento lo que redundará en una buena dispersión de los contaminantes en esa temporada. El valor promedio está entre 6 y 7 octavos.

CANTIDAD DE OCTAS	CONCEPTO	SIMBOLO
0	Despejado	
1 a 2	Escasa Nubosidad	
3 a 4	Nubosidad parcial	
5 a 7	Nublado	
8	Cubierto	

Cuadro Nro. 26 Símbolos del clima y niveles de la nubosidad

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

5.3.2 Temperatura

La temperatura promedio es de 14,6 °C, considerando las Estaciones más próximas al sitio previsto para el relleno sanitario denominadas Biblián y Jacarín.

Estación	Código INAMHI	Altitud (msnm)	Temperatura ambiente		
			Mínima Abs. (oC)	Media Media anual (oC)	Máxima Abs. (oC)
Biblián	M-137	2,688	-1.8	14.3	25.5
Jacarín	M-197	2,644	8.5	14.8	31.5
Promedio			3.35	14.6	28.5

Cuadro Nro. 27 Registros de Temperatura ambiente

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

5.3.3 Precipitación Pluvial

La precipitación promedio anual alcanza a 786 mm/año, considerando los registros de las Estaciones Hidrometeorológicas de Biblián y Jacarín. Se observa además que los meses más lluviosos se presentan entre abril y octubre y los más secos son: julio y agosto

Estación	Mes del año												Total anual (mm)
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Biblián	53.7	70.9	77.4	87.8	54.5	34.4	26.3	21.3	38.2	78.0	70.9	68.4	681.8
Jacarín	66.2	86.8	100.3	105.5	69.7	55.6	50.5	45.0	55.0	91.2	82.4	82.4	890.6
Promedio	60.0	78.9	88.9	96.7	62.1	45.0	38.4	33.2	46.6	84.6	76.7	75.4	786.2

Cuadro Nro. 28 Resumen de lluvias medias mensuales para cada estación, expresadas en ml

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

5.3.4 Vientos

Los vientos dominantes en la zona del proyecto provienen del sur-este. Desde enero hasta junio, se encuentra una paridad de los vientos del sur-este y sur-oeste; en julio, agosto y septiembre, los vientos del sur-oeste predominan; en octubre se presenta una paridad entre los vientos del sur-este y del sur-oeste; en noviembre predominan los vientos del sur-oeste hasta finalizar el año, con un nueva paridad entre los vientos del sur-este y sur-oeste.

La velocidad promedio de los vientos es de 3.74 m/s, considerando los registros de las Estaciones Jacarín y Biblián. La velocidad de los vientos, especialmente en los meses de verano:

julio, agosto y septiembre favorecen a una mejor dispersión atmosférica con registros superiores a los 4.0 m/s. Los promedios mensuales de la velocidad del viento para las Estaciones Jacarín y Biblián se presentan a continuación:

Mes	Jacarín m/s	Biblián m/s	Promedio m/s
Enero	3.60	4.30	3.95
Febrero	3.20	4.30	3.75
Marzo	3.60	3.30	3.45
Abril	3.20	3.30	3.25
Mayo	3.30	3.20	3.35
Junio	3.90	3.60	3.75
Julio	4.50	3.60	4.05
Agosto	4.60	4.25	4.43
Septiembre	4.20	4.15	4.17
Octubre	3.40	4.10	3.75
Noviembre	3.55	3.50	3.52
Diciembre	3.33	3.65	3.49
Promedio			3.74

Cuadro Nro. 29 Velocidad del viento

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA - INAMHI

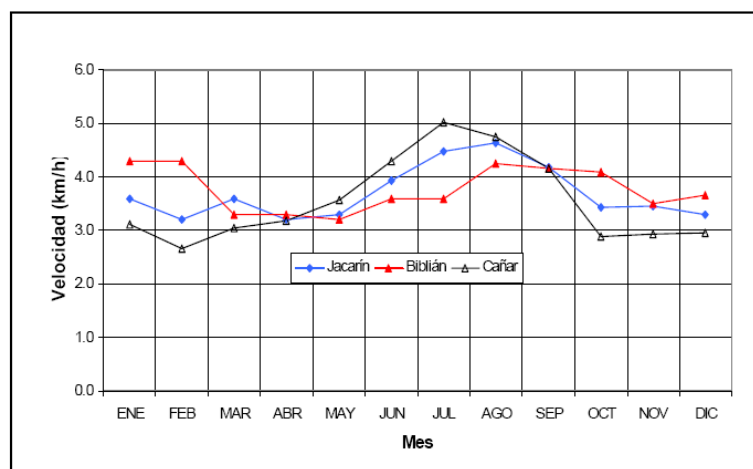


Grafico Nro. 9 Curvas de la Velocidad del viento

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA - INAMHI

Se observa con claridad que en las tres estaciones sigue una misma tendencia, y la presencia de fuertes vientos ocurre en los meses de julio y agosto, además la variación entre las tres estaciones no es significativa. Con estos antecedentes climáticos se define el clima de Azogues como subhúmedo temperado con rangos de temperatura de 12 y 18 °C.

5.3.5 Humedad relativa

Los registros de Humedad relativa media anual para las Estaciones Meteorológicas de Jacarín y Biblián son del 76 y 79% respectivamente, por lo que se puede mencionar que en el área del proyecto la humedad relativa media bordea el 77.5%.

5.4. ESTUDIO DE SUELOS DEL ÁREA DEL PROYECTO

5.4.1. Estudio Geotécnico

La geotecnia es el procedimiento utilizado para la determinación de información del terreno. Para la obtención de las propiedades tanto mecánicas, físicas, hidráulicas y características de suelos, es necesario un análisis de las muestras de los suelos mediante un laboratorio. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012)

1. **Muestreo de suelos:** Se consideran varios procedimientos para obtener muestras de suelos, los más recomendables son: 1) Método de Pozos a Cielo Abierto, con muestreo alterado o inalterado, 2) Método de Penetración Estándar.

2. **Análisis de Suelos:** Puede ser: “1) Granulometría, 2) Compactación, 3) Permeabilidad, 4) Humedad Natural y Peso Volumétrico” (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

3. **Determinación de la Textura:** Los ensayos que se pueden realizar son los siguientes: 1) Ensayo al tacto, 2) Análisis mecánico.

4. **“Localización de bancos de préstamo:** Con base en el estudio geológico regional, se ubicarán bancos potenciales de préstamo para la construcción del revestimiento del fondo, taludes y las cubiertas intermedias y final del relleno sanitario” (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012).

Los suelos en el área determinada para el emplazamiento del nuevo relleno sanitario que serán utilizados como material de cobertura, están constituidos predominantemente por sedimentos finos. Su permeabilidad es baja (k menor que 10^{-6} cm/s), factor que impide las filtraciones de aguas superficiales. En la zona del proyecto los suelos se clasifican en: arcillas arenosas (CH), arcillas limos arenosos (CH-MH), de altas plasticidades, preconsolidados por efectos de desecación, de consistencia muy compacta ($q_u=25$ TN/m²)

5.4.2. Estudio de Geología

El estudio geológico de la zona se realiza con el objetivo de obtener su descripción estratigráfica, tomando en cuenta la identificación de discontinuidades como fallas y fracturas. De igual manera, se debe abarcar todo tipo de información que ayude a un mejor entendimiento de las condiciones de la zona. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012). Se deberá determinar con precisión, la estratigrafía del sitio. Para esto se empleara un sondeo cada cuatro hectáreas, con una profundidad en cada uno de mínimo de 10 m por debajo de la base del relleno sanitario o hasta llegar a un estrato considerado impermeable.

Las áreas seleccionadas no podrán estar ubicadas en fallas geológicas, peor aún con riesgos de estabilidad o inundación por acumulación de aguas pluviales. En los planos geológicos se deberá incluir la información, tanto en planta como en profundidad, mostrando los diferentes cortes geológicos del terreno.

5.4.3. Estudio Hidrogeológico

Al momento de seleccionar el área del nuevo relleno sanitario, es de suma importancia determinar si existe la posibilidad de contaminación de los acuíferos, es por esto que se debe realizar un estudio hidrogeológico para determinar el nivel freático del agua subterránea en la zona, así como la dirección y velocidad del flujo. La principal función del estudio hidrogeológico es la identificación de los mantos acuíferos existentes, además de la información de su flujo, tal como

su velocidad, dirección de movimiento y los cortes estratigráficos de los suelos, de tal manera que se obtenga información acerca de la disponibilidad de volumen de material de cubierta y la máxima excavación en la operación del relleno sanitario. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012)

Desde el punto de vista de la Geotecnia, de acuerdo a información obtenida en la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Azogues, las características que presentan los suelos superficiales, en el sitio donde se sugiere el emplazamiento para el nuevo relleno sanitario de la ciudad de Azogues en la zona en estudio corresponde a afloramientos sedimentarios, con la presencia de depósitos coluviales y de las formaciones: Azogues y Loyola.

5.5. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Es el estudio que permite determinar las diferentes características de los perfiles del terreno a fin de catalogarlo según su pendiente además de permitirnos definir el sector adecuado para relleno y facilitar la identificación del método de disposición a utilizarse; el estudio finaliza en un plano a escala y curvas de nivel empleado para el diseño de detalle del relleno sanitario y con información anexa como: memoria descriptiva, planos de ubicación, entre otros. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012)

La topografía de los terrenos entregados por el GAD Municipal de Azogues para la implantación del nuevo relleno sanitario para la ciudad de Azogues en el periodo de diseño 2030-

2050 se realizó con un equipo de precisión (Estación Total) en el mes de julio de 2018, realizándose un levantamiento taquimétrico con curvas de nivel a cada metro en un área de 20,00 hectáreas.

Las coordenadas UTM georeferenciadas al DATUM MAP WGS84 del terreno propuestas para los diseños del nuevo relleno sanitario para la ciudad de Azogues periodo 2030 – 2050 se presentan en el siguiente cuadro:

Sitio	Puntos	COORDENADAS		Puntos	COORDENADAS	
		E	N		E	N
Nuevo Relleno Sanitario Azogues 2030 - 2050	1	736899	9694506	17	737070	9693824
	2	736947	9694562	18	737040	9693844
	3	737008	9694450	19	737018	9693866
	4	737051	9694368	20	737003	9693880
	5	737113	9694266	21	736986	9693892
	6	737135	9694219	22	736898	9693947
	7	737126	9694163	23	736862	9693973
	8	737125	9694150	24	736784	9694032
	9	737126	9694137	25	736701	9694151
	10	737136	9694111	26	736677	9694208
	11	737147	9694088	27	736678	9694243
	12	737151	9694075	28	736726	9694299
	13	737150	9694052	29	736753	9694332
	14	737151	9693984	30	736808	9694397
	15	737143	9693946	31	736847	9694443
	16	737085	9693818			

Cuadro Nro. 30.- Coordenadas del perfil del terreno del nuevo relleno sanitario para la ciudad de Azogues 2030 - 2050

Fuente.- Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

En el levantamiento topográfico consta el catastro de los 58 lotes de terreno con los respectivos propietarios y áreas que posiblemente serán afectados en la construcción del nuevo relleno sanitario. Los predios considerados a afectarse por el GAD Municipal de Azogues para la construcción del nuevo relleno se presentan en el siguiente cuadro:

Nro.	PROPIETARIOS	ÁREA AFECTADA (m2)	Nro.	PROPIETARIOS	ÁREA AFECTADA (m2)
1	Digna Rubio Rubio	6769.97	30	Leopoldo Gonzales Castillo	2566.61
2	Julia Campoverde Rubio	1259.11	31	GAD de Azogues	5464.23
3	Felix Rubio Rubio	1410.42	32	Digna Rubio Rubio	2377.3
4	Julia Campoverde Rubio	2592.61	33	Roberto Mendez Peralta	20955.4
5	Julia Campoverde Rubio	1253.44	34	Jose Peralta Mendez	597.17
6	Julia Campoverde Rubio	593.64	35	Rosa Mendez Campoverde	7276.15
7	Felix Rubio Rubio	4032.36	36	Luis Peralta Mendez	564.72
8	Felix Rubio Rubio	4608.92	37	Carlos Peralta Mendez	561.88
9	Ariosto Bravo Crespo	42958.8	38	Maria Peralta Mendez	556.38
10	Samuel Espinoza Bravo	277.82	39	Cesar Peralta Mendez	553.55
11	Eva Espinoza Bravo	663.49	40	Miguel Peralta Mendez	550.71
12	Domingo Bravo Mendez	371.67	41	Maria Peralta Mendez	3120.61
13	Etelvina Espinoza Bravo	555.23	42	Lastenia Rubio Rubio	5466.62
14	Maria Bravo Orozco	1647.96	43	José Matute Carabajo	1855.22
15	Elvira Bravo Calle	2466.59	44	Felix Rubio Rubio	2788.37
16	Manuel Rubio Urgiles	5276.35	45	Rosa Campoverde	1939.99
17	Manuel Rubio Urgiles	1052.96	46	Miguel Peralta Mendez	518.41
18	Teolinda Bravo Mendez	180	47	Maria Peralta Mendez	836.18
19	Julia Bravo Mendez	647.15	48	Maria Peralta Mendez	2944.95

20	Carmen Bravo Mendez	1021.09	49	Luis Mendez Campoverde	4930.71
21	Juan Bravo Mendez	1808.34	50	Teresa Mendez Campoverde	1909.04
22	Benjamin Bravo Mendez	6265.81	51	Maria Peralta Mendez	2110.66
23	Victoria Bravo Garay	1072.96	52	Dominga Campoverde	385.34
24	Carlos Bravo Bravo	2097.62	53	Lidia Toledo Coronel	2269.81
25	Juan Bravo Mendez	570.84	54	Luis Mendez Campoverde	451.01
26	Victoria Bravo Garay	1038.76	55	Rosa Mendez Campoverde	2441.69
27	Carmen Bravo Mendez	483.04	56	Blanca Sacoto Rodriguez	1413.96
28	Victoria Bravo Garay	3539.16	57	Luis Mendez Campoverde	3383.42
29	Victoria Bravo Garay	1157.99	58	Maria Peralta Mendez	2726.13

Cuadro Nro. 31.- Predios y áreas a afectarse para el nuevo relleno sanitario

De la ciudad de Azogues 2030 - 2050

Fuente.- Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

5.6. ANÁLISIS DE LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO

ACTUAL

Los lixiviados están constituidos por una alta carga orgánica, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO); como principal factor contaminante. Además de los dos citados, los líquidos percolados contienen un alto contenido de materia orgánica, alto contenido de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2012)

En el cuadro expuesto a continuación se listan los componentes principales y la generación que llevan los primeros años de vertido:

Componente	Concentración en mg/l			
	1 año	2 años	3 años	4 años
DBO	4.460	13.000	11.359	10.907
DQO	11.210	20.032	21.836	18.533
Sólidos disueltos	11.190	14.154	13.181	13.029
pH	7,1	6,6	7,3	6,9
Alcalinidad (CaCO ₃)	5.685	5.620	4.830	5.404
Dureza (CaCO ₃)	5.116	4.986	3.135	4.652
Calcio	651	894	725	818
Magnesio	652	454	250	453
Fosfatos	3	3	3	3
N-Kjendal	1.660	760	611	984
Sulfatos	114	683	428	462
Cloruros	4.816	4.395	3101	4.240
Sodio	1.177	1.386	1.457	1.354
Potasio	969	950	968	961
Cadmio	0,04	0,09	0,1	0,09
Cromo	0,16	0,43	0,22	0,28
Cobre	0,44	0,39	0,32	0,39
Hierro	245	378	176	312
Níquel	0,53	1,98	1,27	1,55
Zinc	8,7	31	11	21
Mercurio	0.007	0,005	0,011	0,007

Cuadro Nro. 32.- Variación de los lixiviados con la edad del vertido

Fuente.- Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos, Universidad Politécnica de Valencia

De acuerdo a la reforma del Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ecuador, TULAS Libro VI, Anexo 1, establece la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes para los diferentes usos del agua, los límites máximos permitidos se regulan para diferentes parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y metales pesados; sin embargo, para el presente

caso un parámetro de especial importancia es el bacteriológico, representando por el número más probable de coliformes totales y fecales (termotolerantes) de la siguiente forma:

Uso de agua	Límite máximo permisible	Límite máximo permisible
	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
	NMP/100 ml	NMP/100 ml
Uso doméstico con tratamiento convencional	3000	600
Uso doméstico que requiere únicamente desinfección	50*	-
Preservación de flora y fauna en aguas frías	-	200
Aguas para uso agrícola	1000	Huevos de parásito = cero
Aguas para uso pecuario	< 5000	< 1.000
	Promedio mensual	
Aguas para fines recreativos, contacto primario	1000	200
Aguas para fines recreativos, contacto secundario	4000	1000
Aguas para uso estético	-	-
Aguas para uso industrial	-	-

NMP - Número Más Probable

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

Cuadro Nro. 33.- Límites máximos permitidos de coliformes para diferentes usos

Fuente.- Ministerio del Ambiente TULAS Libro VI, Anexo 1.

En la misma norma en el numeral 4.2.1.15 establece que “los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los rangos y límites establecidos en las normas de descargas a un cuerpo de agua” (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015); por lo cual tomamos para el parámetro de coliformes fecales el agua para uso pecuario que es menor a 1.000 NMP/100 ml como límite máximo permisible. Y los otros parámetros en base a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

La reforma al Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ecuador, TULAS Libro VI, Anexo 1, establece la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de efluentes de lixiviados que deben cumplir con los límites máximos permitidos para descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetro	Unidades	Límite máximo permisible
DBO5	mg/l	100
DQO	mg/l	250
pH	mg/l	5-9
Sólidos Suspendidos	mg/l	100
Sólidos Totales	mg/l	1.600
Cadmio	mg/l	0,02
Cobre	mg/l	1,0
Plomo	mg/l	0,2
Niquel	mg/l	2,0
Zinc	mg/l	5,0
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml	* Remoción > al 99,9 %

*Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento

Cuadro Nro. 34.- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Fuente.- Ministerio del Ambiente TULAS Libro VI

Como ejemplo se presenta los análisis de los lixiviados realizados en julio del año 2018 en la planta de tratamiento del relleno sanitario de la ciudad de Azogues, determinándose los siguientes parámetros de contaminación y que se los comparó y analizó con las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente.

TIPO DE MUESTRA : Lixiviado
 LUGAR: Tanque de Oxigenación del Relleno Sanitario Azogues
 FECHA: 16/07/2018
 LABORATORIO
 RESPONSABLE: ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito - Ecuador

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	LIMITES	CRITERIO DE RESULTADOS
Aceites y Grasas	mg/L	0,6	30	Cumple
Aluminio	mg/L	< 1,000	5,0	Cumple
Arsénico	mg/L	0,1132	0,1	Cumple
Cobre	mg/L	< 0,05	1,0	Cumple
Demanda bioquímica de Oxígeno DBO (5 días)	mg/L	848	100	No Cumple
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1220	200	No Cumple
Mercurio	mg/L	< 0,005	0,005	Cumple
pH	unid pH	8,4	6-9.	Cumple
Plomo	mg/L	< 0,3	0,2	Cumple
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	> 2000	1600	No Cumple
Sulfatos	mg/L	230,0	1000	Cumple
Coliformes fecales NMP	NMP/100mL	1100,0	< 1.000	No Cumple

Cuadro Nro. 35.- Análisis de los lixiviados en el actual relleno sanitario de la ciudad de Azogues, tanque de oxigenación

Fuente.- Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Analizando los aspectos más preponderantes de los lixiviados en el actual relleno sanitario de la ciudad de Azogues se indican a continuación:

- La Demanda Bioquímica de oxígeno DBO_5 (5 días), en uno de los procesos de tratamiento de los lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Azogues como es el tanque de oxigenación es de 848 mg/l y la Demanda Química de Oxígeno DQO es 1220 mg/l, valores superiores a los límites establecidos en la normativa nacional que es igual a 100 mg/l y 250 mg/l respectivamente para un descarga a un cuerpo de agua dulce.
- El valor de los sólidos disueltos totales en el proceso de tratamiento como es el tanque de oxigenación es mayor a 2000 mg/l, valor superior al límite establecido en la normativa nacional que es igual a 1600 mg/l para una descarga a un cuerpo de agua dulce.
- El pH es más bien básico con un valor promedio de 8,4 unid pH, sin embargo se encuentra dentro del rango recomendado por la normativa entre 5 y 9.
- En lo referente a metales pesados estos si cumplen debido a que los valores no difieren significativamente de la Normativa Nacional.

CAPITULO 6

DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

Entre los componentes que se analizarán dentro de esta Guía Técnica para el diseño del nuevo relleno sanitario, son los que se describen a continuación:

- a) Concepción del relleno sanitario.
- b) Conformación e impermeabilización del suelo de soporte.
- c) Sistemas de drenes de recolección de lixiviados.
- d) Sistema de recolección de gases generados en el relleno sanitario.
- e) Sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias y escorrentía superficial.
- f) Análisis del sistema de tratamiento de lixiviados existente.

6.1. CONCEPCIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Contar con el sitio adecuado para el emplazamiento de un relleno sanitario, es una acción compleja y define la posibilidad o no del proyecto. El siguiente paso, consiste en determinar el espacio físico para el nuevo relleno. Los datos para el cálculo de esta área se determinaron en el capítulo 5.

Como ejemplo se asume la topografía del sitio que se ha propuesto para el nuevo relleno sanitario de la ciudad de Azogues, y el método de diseño empleado sería el denominado “vaguada o depresión”.

Para optimizar el uso del terreno se han diseñado cuatro terrazas que se van construyendo en forma escalonada, dejando entre cada una de ellas bermas de estabilización de 3 a 6 metros de ancho, las cuales facilitarán además el acceso a cada una de las terrazas para actividades tales como el mantenimiento de drenes de pie de talud, mantenimiento y monitoreo de ductos de gases, encepado del relleno, etc. Es importante anotar que las pendientes longitudinales de las terrazas (dirección y sentido de la quebrada) deben ser del 2% en tanto que las pendientes transversales van del 3% en dirección y sentido noroeste – sureste. Cada terraza tendrá una altura de 10 metros, taludes con una relación 2:1 (horizontal:vertical) y bermas de estabilización de 3 a 6 metros de ancho.

En base de la proyección de los desechos sólidos y del diseño geométrico del relleno, se estima una vida útil de aproximadamente 20 años, es decir hasta el año 2050. El detalle de los volúmenes de corte y relleno, así como el volumen total de cada terraza, se muestra en la siguiente tabla:

Terraza	V. TOTAL(m3)
1	94.439,30
2	313.634,00
3	286.023,60
4	250.319,70
Total	944.416,60

Cuadro Nro. 36. Volumen de terrazas

Fuente: El Autor

El volumen de material de cobertura requerido durante la vida útil del nuevo relleno sanitario de acuerdo al cuadro 25 es igual a 104778 m³, mismo que será cubierto con el material de excavación que se ira cortando periódicamente durante la operación del relleno. Los volúmenes de corte, relleno y desalojo se presentan en el siguiente cuadro:

VOLUMENES DE OBRA	
CORTE	248766 m3
RELLENO	77268 m3
MATERIAL DE COVERTURA REQUERIDO	104778 m3
MATERIAL DE DESALOJO	66720 m3

Cuadro Nro. 37. Volúmenes de Obra

Fuente: El Autor

6.2.CONFORMACIÓN E IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO DE SOPORTE

Para garantizar que no se produzca contaminación del suelo y de las aguas subterráneas por efecto de los lixiviados, el suelo de soporte deberá contar con impermeabilización mixta: impermeabilización mineral constituida generalmente por una capa de 0,20 metros de arcilla compactada al 95% de la prueba Proctor estándar e impermeabilización sintética a través de la colocación e instalación de geomembrana de polietileno de alta densidad, con un espesor de 1 mm. o 1,5 mm, cuyas juntas y/o traslapes deberán ser debidamente termoselladas. Conforme el relleno vaya ganando altura, los taludes laterales deberán también ser impermeabilizados con este mismo tipo de geomembrana.

6.3.SISTEMAS DE DRENES DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS

Para asegurarse que los lixiviados que se generen en un nuevo relleno sanitario sean debidamente captados y evacuados hacia el sistema de almacenamiento y tratamiento, y así evitar que en el interior de la masa de desechos se acumulen y puedan generar deslizamientos en las terrazas a ser conformadas se deben construir drenes de lixiviados.

Estos drenes de recolección de lixiviados deben construirse sobre el suelo de soporte y respetando un trazado longitudinal de tal forma de aprovechar al máximo la conformación natural del terreno y así evitar un exceso de movimiento de tierras. A este dren principal se conectarán drenes secundarios construidos en formas de “espina de pez”, formando un ángulo de 45 grados y separados 25 metros uno de otro.

Para el diseño de los drenes de lixiviados se debe determinar primero el caudal que va a ser conducido hacia el almacenamiento y posterior tratamiento, para lo cual se recomienda entre una de las metodologías existentes la siguiente expresión propuesta.

$$Q = 1/t \times P \times A \times K$$

Ecuación No. 8. Caudal de Lixiviados.

Fuente: (Röben, 2002).

En donde:

- Q = Caudal medio de lixiviados (l/s)
- t = Número de segundos en un año (31'536.000 segundos)
- P= Precipitación media anual
- A = Area del relleno (m²)
- K = Coeficiente que depende del grado de compactación de las basuras

Peso específico de los desechos sólidos en el relleno sanitario	K
0,4 - 0,7 Ton/m ³	0,5 a 0,25
> 0,7	0,25 a 0,15

Cuadro Nro. 38 Cuadro para calcular el factor K

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

Considerando un peso específico de 750 kg/m³ en base a los datos de la tabla anterior, el valor de “K” asumido sería igual a 0,20.

Como ejemplo de este trabajo de investigación, para el caso de la propuesta de diseño para el relleno sanitario de la ciudad de Azogues, el caudal estimado de lixiviados sería el siguiente:

$$Q = 1/31'536.000 \times 800 \times 48652.2 \times 0,20 = 0,24 \text{ l/s}$$

$$\text{Volumen estimado} = 21.32 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dado que los lixiviados son líquidos con una carga orgánica alta, las estructuras que los almacenen deben ser diseñadas evitar la descarga directa de los mismos a cuerpos receptores como ríos o quebradas, lo cual ocasionaría una seria contaminación de este recurso hídrico.

La sección transversal del dren principal tienen forma rectangular de 1,00 metro de ancho por un 1,00 metro de alto, recubierto con geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor, tubería de PVC de alcantarillado perforada, recubierta con grava y envuelta en geotextil no tejido tipo NT 1600, el cual permite la filtración de los líquidos y retiene los sólidos, evitando de esta manera la colmatación del dren.

6.3.1 Cálculo hidráulico del dren de lixiviados.

De acuerdo a la ecuación 8, se ha determinado un caudal de lixiviados de 21.32m³/día o 0,24 l/s, y asumiendo una velocidad de flujo igual a 0,45 m/s establecido en la normativa para aguas residuales (0,45 a 4,5 m/s) se determina el diámetro de la tubería para conducir los lixiviados en el dren principal mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = V \times A$$

Ecuación No. 9. Ecuacion de continuidad.

Fuente: (Röben, 2002).

En donde:

- Q = caudal en m³/segundo
- V = velocidad de flujo en m/s
- A = área en m²

$$A = Q/V = 5.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{(4 A / \pi)} = 0,0259 \text{ m ó } 25.9 \text{ mm}$$

Según los cálculos se requiere una tubería de 1" o 26 mm, para transportar el caudal de 0,24 l/s de agua lixiviada en este relleno sanitario, pero en realidad los lixiviados tienen una carga orgánica alta, lo que hace que disminuya el flujo de estos líquidos a través de los drenes por la formación de natas y sedimentos; es por esta razón que se sugiere se sobredimensione la tubería para el dren principal y por otra parte para que el relleno funcione aeróbicamente a través de la circulación de aire por la tubería e ingrese a la masa de los desechos se ha diseñado que en el dren principal conduzca los lixiviados con una tubería de PVC de 200 mm de diámetro.

Generalmente las tuberías que conducen los lixiviados son sobredimensionadas, debido a la formación de espumas que al mezclarse con los sedimentos inevitablemente forman una capa que se va adhiriendo a las paredes de la tubería y que paulatinamente reducen su sección.

Los drenes secundarios y de pie de talud se construyen con geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor, piedras lavadas de río cuyo diámetro oscilará entre los 10 y 15

centímetros y envueltas en geotextil no tejido tipo NT 1600, el cual permite la filtración de los líquidos y retiene los sólidos, evitando de esta manera la colmatación del dren. La sección transversal del dren secundario tiene forma rectangular, de 0,60 metros de ancho por 0.60 metros de altura.



Fotografías 10 y 11: Conformación e impermeabilización del suelo de soporte y construcción de drenes de recolección de lixiviados

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental del GADMA

6.4.SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE GASES GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO

Para evacuar el biogás generado en el interior de la masa de basuras, producido por la descomposición anaeróbica de los desechos sólidos, se prevé siempre la construcción de ductos de gases, en nuestro ejemplo para cada una de la cuatro terrazas, estarán separados entre sí 25 metros,

de tal forma de evitar sobrepresiones que pudieran provocar o contribuir con el deslizamiento de las terrazas conformadas. No está por demás aclarar que todos los ductos alcanzan el nivel máximo de la terraza superior e irán conectados al dren de recolección de lixiviados.

La distribución en planta de los ductos se presenta en los anexos respectivos del ejemplo propuesto. Para la construcción de los ductos de gases se elabora una estructura de madera, en la cual se colocará malla metálica. Una vez instalada esta estructura en el relleno sanitario, se coloca en su interior tubería perforada de polietileno de alta densidad, de un diámetro comprendido entre 160 a 200 mm y se rellena con piedra lavada de río cuyo diámetro oscilará entre los 10 y 15 centímetros. La altura de cada ducto dependerá de su ubicación y se construirán conforme vaya avanzado cada celda.

Finalmente, un metro antes de que un ducto alcance su cota máxima, se conecta a la tubería de polietileno de alta densidad, una tubería de hierro galvanizado de 4" de diámetro, de una longitud de 2 m., la mitad de la cual se perforará con agujeros de ½", de tal forma que 1 m. del tubo quede sobre la cota máxima del ducto. Posteriormente se procede a sellar el ducto con una capa de arcilla de no menos de 0,30 m. de espesor y sobre ésta una losa circular de hormigón simple de 15 a 20 cm. y de un diámetro de 1,50 m. Para que el biogás pueda ser combustionado, es necesario reducir la sección del tubo de 4" a un diámetro de 1", siendo este último tramo una tubería de hierro galvanizado de 1 m. de longitud, de tal forma que la altura total de la tubería que queda sobre la superficie de la Terraza sea de máximo 2 m. Permanentemente se debe inspeccionar la quema del biogás en los ductos sellados, ya que el viento suele apagar la llama. (Röben, 2002)

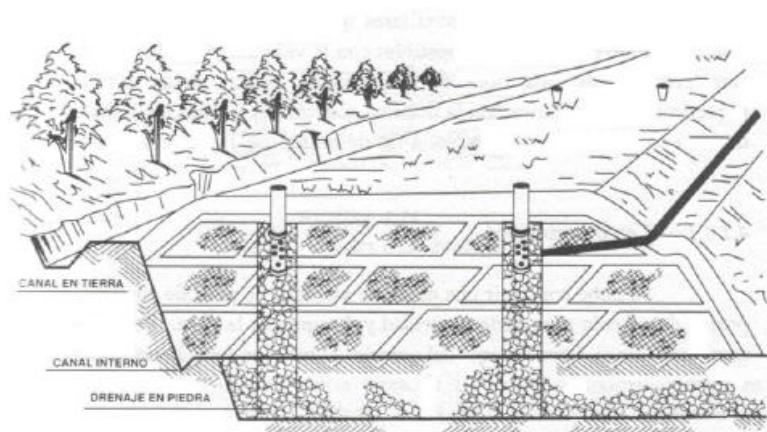


Grafico Nro. 10 Instalación de Chimeneas

Fuente: (Röben, 2002). Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

6.5.SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El agua de lluvia que cae sobre las áreas colindantes a un relleno sanitario suelen escurrirse hasta él, lo que dificulta la operación del relleno. Un canal perimetral fuera del relleno sanitario para interceptar y desviar el escurrimiento de estas aguas es, un elemento fundamental de su infraestructura que contribuirá a reducir el volumen de lixiviados y mejorar las condiciones de operación. Por lo tanto es necesario construir canales o cunetas de coronación recubierto de geomembrana de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor u hormigón de forma trapezoidal y dimensionarlo teniendo en cuenta las condiciones de precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y la pendiente del terreno. (Röben, 2002)

Todos los tramos de las cunetas o canales que conduzcan las aguas hacia un cuerpo receptor, deberán ser construidos con hormigón y contarán con disipadores de energía y estructura de descarga previo al empate con el cuerpo receptor.

El canal debe ser trazado por la curva de nivel más alta a la que llegará el borde del relleno sanitario y deberá garantizar una velocidad máxima promedio de 0,5 metros por segundo, que no provoque erosión excesiva. (Röben, 2002):

6.6. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EXISTENTE

Para el tratamiento de lixiviados existen diferentes tecnologías, las cuales dependerán sobre todo de la capacidad económica, de la cantidad de lixiviados y del área con la que se cuente. Entre los métodos existentes para este tratamiento, en el actual relleno sanitario se utilizan los siguientes:

6.6.1. Tratamiento Biológico

Es recomendable la construcción de una piscina o tanque de sedimentación previo a otros tratamientos, con lo cual se evitará que los mismos se colmen de estos sólidos.

6.6.1.1. Tratamiento con Piscinas Aireadas

“Es posible tratar las aguas residuales o lixiviadas en tanques aireados (sistema de lodos activados). Los compuestos orgánicos del carbón se transforman en CO₂ y H₂O bajo la presencia del oxígeno” (Roben, 2002).

Es importante considerar los siguientes criterios partiendo de las características de las aguas lixiviadas:

- En sitios muy fríos el grado de eficiencia del tratamiento disminuye considerablemente y por tanto la nitrificación no funciona. Presenta problemas en su funcionamiento la piscina aireada en temperaturas menores de 10°C; en temperaturas más bajas de 4°C casi es imposible el tratamiento.
- Los tanques se deben construir de hormigón armado debido a que las aguas lixiviadas son muy agresivas a causa de su alto contenido en sulfato y amoníaco
- La concentración alta de lodos y sólidos en suspensión impide la circulación del agua en los tanques aireados. El cálculo para la instalación de los equipos de aireación se deben realizar con la finalidad de evitar que se produzcan estancamientos durante el tratamiento.
- Los equipos de aireación forzada deben ser resistentes contra la corrosión. Se aconsejan se utilicen difusores contruidos con membranas de caucho o aireación superficial. (Röben, 2002)

La presencia de espumas durante el proceso de tratamiento se puede evitar con la utilización de equipos que generen dispersión superficial del agua o mediante el uso de químicos controladores de espuma (Röben, 2002).

Röben (2002), señala que:

El fósforo presente en las aguas residuales o lixiviadas es sumamente bajo durante la fermentación agria. Se recomienda añadir ácido fosfórico en esta fase. Si el municipio tiene una planta de compostaje, sería recomendable mezclar las aguas lixiviadas del relleno y del compostaje para el tratamiento, ya que el contenido de fósforo es más alto en las aguas lixiviadas del compostaje.

El tratamiento con el empleo de tanques aireados necesita grandes inversiones durante la construcción así como durante la operación; Por lo que no es recomendable este tipo de tratamiento para un municipio pequeño. Se puede optar por el tratamiento de las aguas residuales o lixiviadas mediante el uso de tanques con aireación forzada en los siguientes casos:

1. Cuando el relleno sanitario genera una gran cantidad de aguas residuales o lixiviadas y el municipio no cuente con un terreno que brinde las facilidades para construir lagunas de tratamiento biológico.
2. El área del relleno sanitario se encuentre en una zona con alta sensibilidad ecológica.

3. Luego del tratamiento, las aguas residuales o lixiviadas se descarguen en aguas superficiales. Esto se debe evitar al máximo, pero siempre cumpliendo con los parámetros de contaminación establecidos en las normas vigentes.
4. Los municipios debe disponer de la capacidad económica y financiera para poder asumir los costos operativos que demandan este tipo de tratamiento. (Röben, 2002)

6.6.1.2.Lagunas

Las lagunas es la alternativa más económica que se puede considerar para el tratamiento de las aguas residuales o lixiviadas, debido a que los costos de inversión son bajos, y por lo general no existen costos operativos (Röben, 2002).

En el cuadro siguiente se muestran algunos tipos de lagunas de tratamiento biológico:

Laguna tipo	Detalle
Aerobia	Mantiene el oxígeno disuelto en el agua.
Aireada	El abastecimiento de oxígeno es reemplazado por aireación mecánica.
Anaerobia	En ausencia de oxígeno y producción de gas metano.
De estabilización	En ella se realiza la autodepuración o estabilización natural.
De maduración	Para tratar efluente secundario agua residual previamente tratada por un sistema de lagunas (anaerobia – facultativa -. Aireada – secundaria).
Facultativa	De coloración verdosa, su contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día.

Cuadro. Nro. 39.- Lagunas de tratamiento biológico de aguas residuales

Fuente: Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales

Según Roben (2002), se puede mejorar considerando las siguientes medidas:

1. Mediante la siembra de plantas acuáticas al interior de la laguna. Estas plantas utilizan parte de las aguas residuales o lixiviadas para su nutrición y por lo tanto reducen considerablemente su volumen. Entre las principales plantas se encuentran la totora y el carrizo o aliso; y se recomienda además sembrar eucalipto cerca de la laguna, para evitar la contaminación tanto del suelo y de las aguas subterráneas.
2. Se debe construir en serie las lagunas y no una sola, ya que esto permite una mejor aireación. Las lagunas deben construirse en diferentes niveles para permitir que el flujo fluya naturalmente y por gravedad.
3. Antes de la construcción de una laguna se debe construir tanques de sedimentación, con la finalidad de retener la mayor cantidad de partículas o sólidos en suspensión.

CONCLUSIONES

1. Este trabajo de investigación servirá como guía para que los Municipios del País, como instituciones encargadas de la gestión integral de los residuos sólidos puedan realizar o evaluar estudios de disposición final mediante el sistema de rellenos sanitarios.
2. Esta guía técnica se aprovechará como una herramienta que fortalecerá las capacidades de las autoridades, funcionarios, operarios, profesionales y estudiantes; con la finalidad de mejorar la gestión integral, sostenible e inclusiva de los residuos sólidos.
3. Mediante una mejora en la gestión integral de residuos sólidos y en particular con la inversión en infraestructura para la recolección, tratamiento y disposición final, se podrá reducir el índice de enfermedades producidas por productos químicos y biológicos peligrosos y la contaminación como consecuencia, del aire, el agua y el suelo.
4. A través de los trabajos de investigación se genera un intercambio de conocimiento entre los gobiernos locales, universidades, instituciones públicas y privadas, sobre nuevas tecnologías aplicables a cada una de las etapas de la gestión de residuos sólidos.
5. El involucramiento de las universidades como instituciones de investigación promoverá el descubrimiento de nuevos métodos de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos y con esto se evitará que se siga contaminando el ambiente mediante los pasivos ambientales que no son otra cosa que los rellenos sanitarios al final de su vida útil.

RECOMENDACIONES

1. El gobierno nacional y los gobiernos locales con la participación de las instituciones públicas y privadas, industrias y universidades deben promover y financiar proyectos de investigación en tecnologías de manejo de residuos sólidos ambientalmente sostenibles.
2. A través de los gobiernos locales se debe fomentar la participación de los recicladores formales y la sociedad toda, para fortalecer los modelos de gestión de recuperación y reciclaje de los residuos sólidos con la finalidad de aprovechar y reducir los mismos.
3. Se debe diseñar e implementar medidas de mitigación apropiadas sobre el uso y tratamiento de los residuos orgánicos, con o sin generación de energía.
4. Se debería incentivar la implementación de tecnologías limpias en los gobiernos locales, industrias, universidades e instituciones públicas y privadas a través de reconocimientos que promueva su participación.
5. Las universidades del país involucradas con la enseñanza y aprendizaje de ingenierías relacionadas con el tratamiento y disposición final de residuos sólidos deben abarcar nuevas tendencias y métodos de aprendizaje que promueva la investigación en este tema que es de mucha importancia para el futuro de nuestro mundo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P., & Zepeda, F. (16 de noviembre de 2015). *Diagnóstico De La Situación Del Manejo De Residuos Sólidos Municipales En América Latina Y El Caribe. Parte 5.* Recuperado el 2019, de Estucplan: <https://estrucplan.com.ar/producciones/contenido-tecnico/p-residuos/diagnostico-de-la-situacion-del-manejo-de-residuos-solidos-municipales-en-america-latina-y-el-caribe-parte-5/>
- Agüero, E. (septiembre de 2014). *Lineamientos para una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Frías, Santiago del Estero.* Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1543/Proyecto%20Integrador%20-%20Ag%20C3%BCero%20Eugenia.pdf>
- Armas, Y., & Yaselga, G. (2005). *Estudio de la Evaluación de Impactos Ambientales que generará la construcción del relleno sanitario de San Miguel de Ibarra, en el sector Las Tolas de Socapamba.* Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/830/6/03%20REC%2061%20TESIS.pdf>
- Barrios, J. (2008). *Manejo adecuado de los gases que se generan en los rellenos sanitarios.* Obtenido de Universidad de Sucre: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/303/2/628.44564B275.pdf>
- Carmona, D. (junio de 2015). *Desarrollo de un Manual de Construcción de un Relleno Sanitario Piloto de Residuos Sólidos Urbanos con Sistema Natural de Alta Velocidad.* Obtenido de Escuela Politécnica Superior de Sevilla: http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/15102/mod_resource/content/0/Memoria%20descriptiva.pdf
- Cerrato, E. (julio de 2006). *Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Obtenido de <https://www.aiu.edu/spanish/publications/student/spanish/Integrated-Management-of-Residual-Solids.htm>

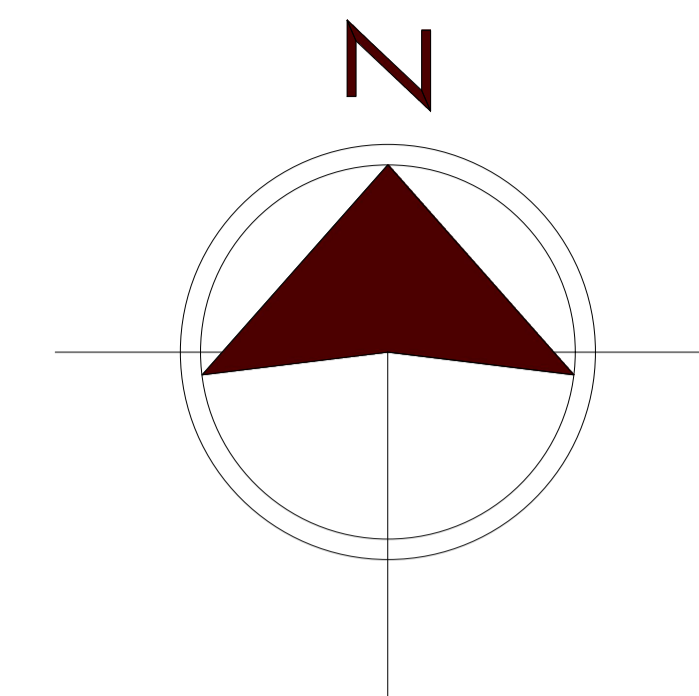
- CONSULTORACAV. (2008). *Estudios y Diseños Definitivos del Relleno Sanitario para la Ciudad de Azogues*. Azogues.
- Corena, M. d. (2008). *Sistemas de tratamiento para lixiviados generados en rellenos sanitarios*. Obtenido de Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Sincelejo:
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/304/2/628.44564C797.pdf>
- ESTRUCPLAN. (20 de septiembre de 2004). *Guía Para El Diseño, Construcción Y Operación De Rellenos Sanitarios Manuales*. Obtenido de <https://estrucplan.com.ar/producciones/contenido-tecnico/p-residuos/guia-para-el-diseno-construccion-y-operacion-de-rellenos-sanitarios-manuales/>
- GTZ-COMIA . (2003). *La basura en el limbo: Desempeño de los Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos*. Obtenido de Agencia de Cooperación Técnica Alemana, Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental:
<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/07-0126.pdf>
- INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1992). Obtenido de Código de Práctica Ecuatoriano - CPE INEN 5. Parte 9-1:
https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/normas_disec3b1o_cpe_inen_5_parte_9-1_1992-mas-de-1000-hab.pdf
- INEN. (1992). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. Quito.
- Jiménez, N. (marzo de 2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (17), 29-56. Obtenido de Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales N.º 17, marzo 2015, pp. 29-56:
https://www.researchgate.net/publication/276905839_La_gestion_integral_de_residuos_solidos_urbanos_en_Mexico_entre_la_intencion_y_la_realidad
- López, D. (enero de 2013). *Estudio para el aprovechamiento de gas combustible a partir de rellenos sanitarios* . Obtenido de República Bolivariana de Venezuela. Universidad José

- Antonio Páez. Facultad de Ingeniería.:
<https://bibliovirtualujap.files.wordpress.com/2013/05/teg-david-lopez.pdf>
- MAVDT. (2003). *Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua*. Colombia: Panamericana formas e impresos S.A.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2012). *Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*. Recuperado el 2019, de <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/07/Guia-para-el-Diseno-Construccion-Operacion-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Mayo de 2017). *Manual Sobre Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales*. Obtenido de Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la República Dominicana: <http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/05-Disposici%C3%B3n-Final-RSM.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador (TULSMA)*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial del Ecuador. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Texto-Unificado-de-Legislacion-Secundaria-del-Ministerio-del-Ambiente.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente - TULSMA*. Obtenido de Libro VI, Anexo 1 - 6.
- ONU - Organización de las Naciones Unidas. (2010). *Water and sanitation in Latin America and the Caribbean*. Río de Janeiro: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas. (2010). *Solid Waste Management in the World's Cities. Water and Sanitation in the World's Cities*. Londres y Washington: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos.
- Organización Panamericana de la Salud. (abril de 2007). *Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad3.html

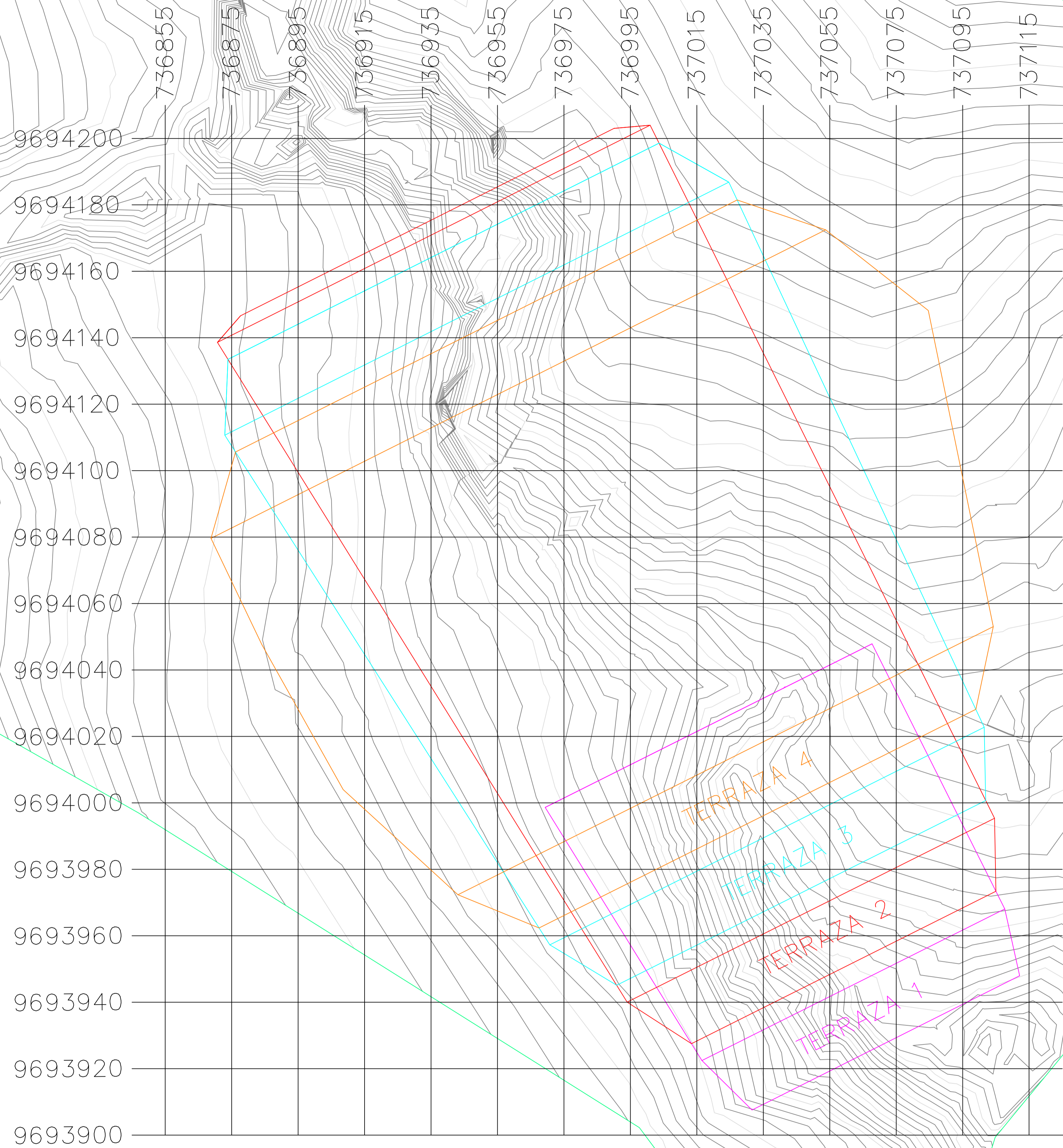
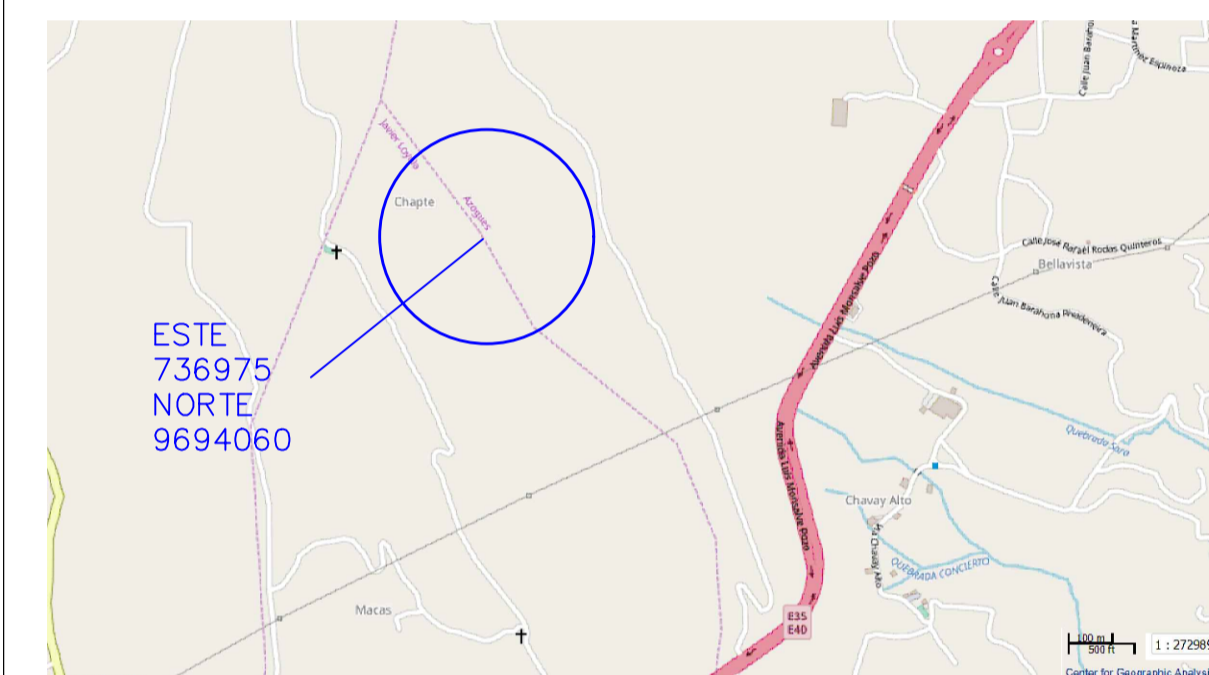
- Otamendi, J. (17 de noviembre de 2014). *Relleno Sanitario*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jhovvaniotamendisanchez/relleno-sanitario-expo>
- Röben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de DED/ Ilustre Municipalidad de Loja: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/loja.pdf
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (julio de 2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Recuperado el 2019, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/S1500804_es.pdf.txt
- Torri, S. (mayo de 2017). *¿Qué es un relleno sanitario?* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319624681_Que_es_un_relleno_sanitario
- Ullca, J. (2005). *Los Rellenos Sanitarios*. Obtenido de LA GRANJA. Revista de Ciencias de la: <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>
- Zhu, Da, Asnani, P. U., Zurbrugg, C., Anapolsky, S., & Mani, S. (2008). *Improving Municipal Solid Waste Management in India, A Source Book for Policy Makers and Practitioners*. Washington D.C.: World Bank.



ANEXOS



UBICACIÓN



EMPLAZAMIENTO DE ÁREA
REQUERIDA GEOREFERENCIADA
ESC 1: 750

PROYECTO :
**PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO RELLENO
SANITARIO PARA LA CIUDAD DE AZOGUES.**



DISEÑO:
SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.

DIBUJO:
SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.

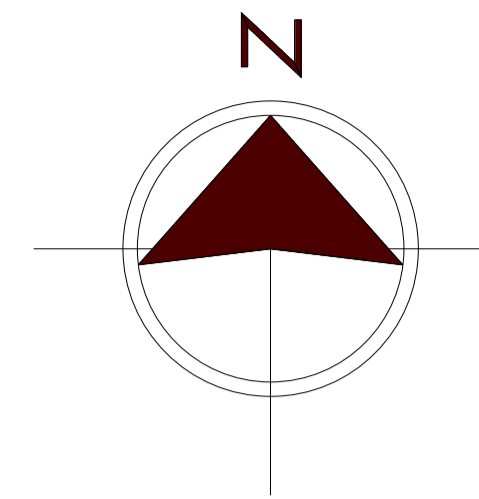
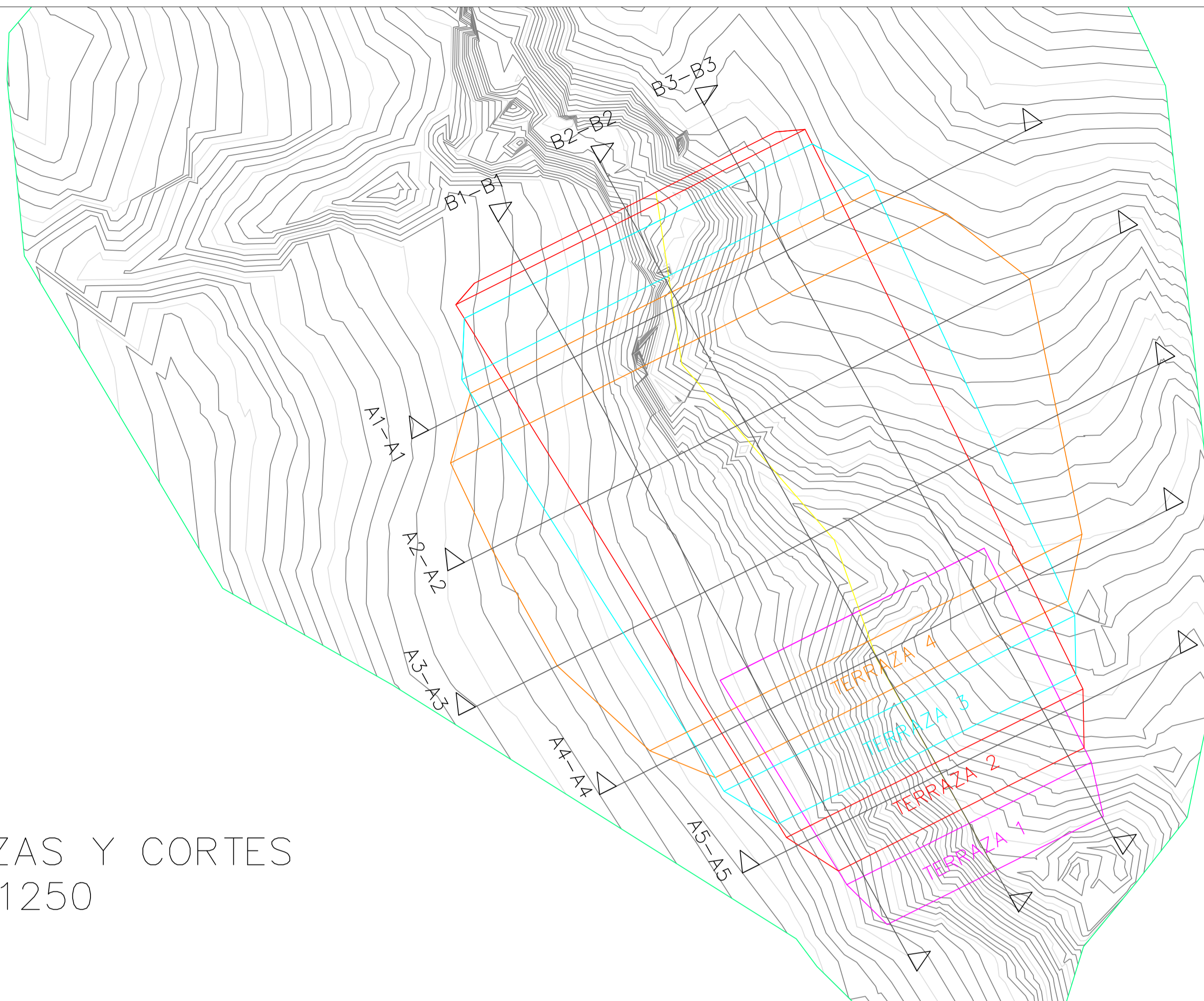
TUTOR:
ING. LUIS IDROVO O. Mg. Sc.

CONTIENE :
**EMPLAZAMIENTO DEL ÁREA
REQUERIDA Y TERRAZAS**

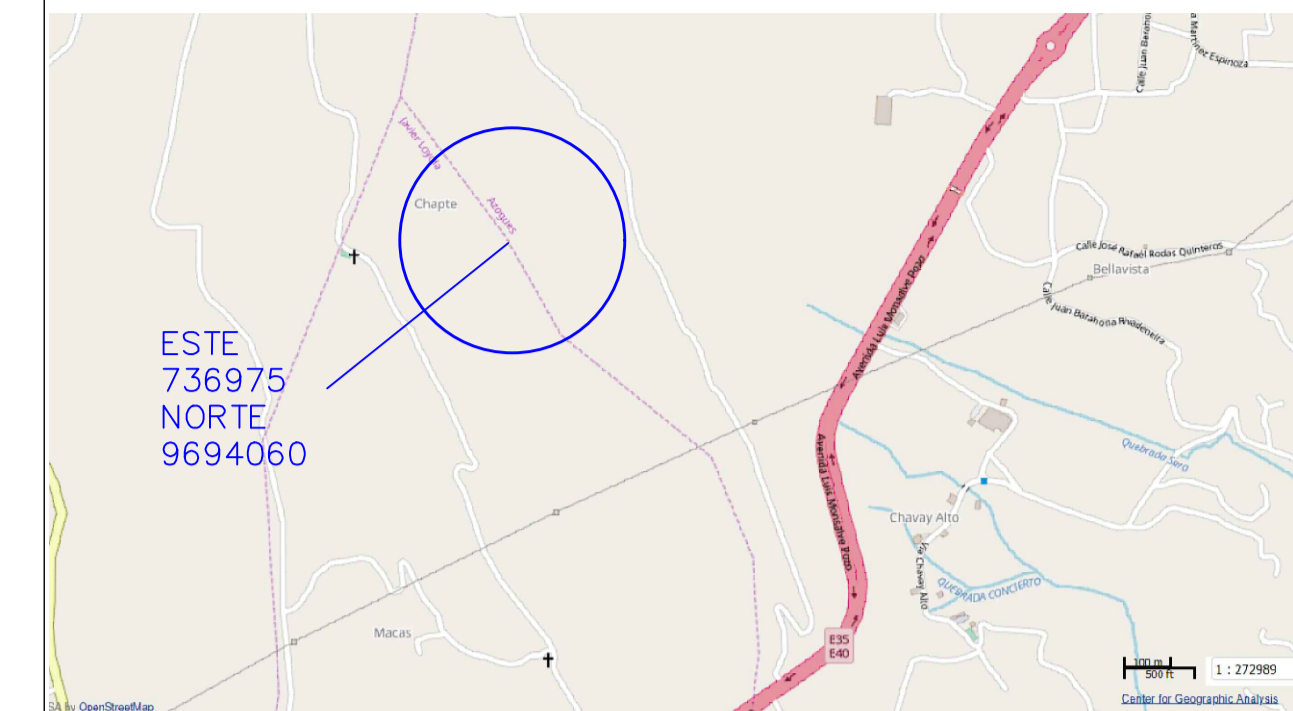
AZOGUES-AGOSTO-2019

LAMINA : 1/5

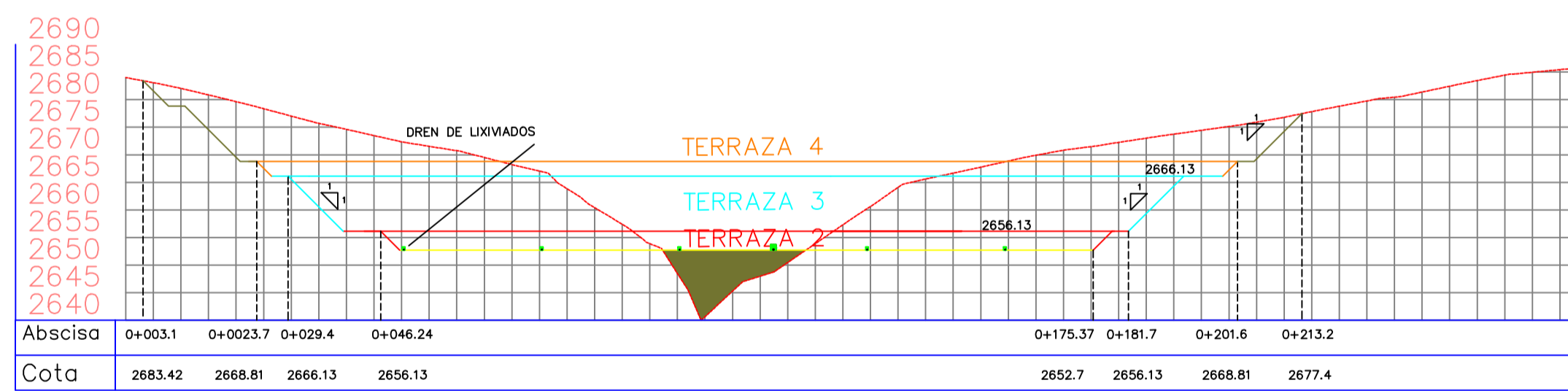
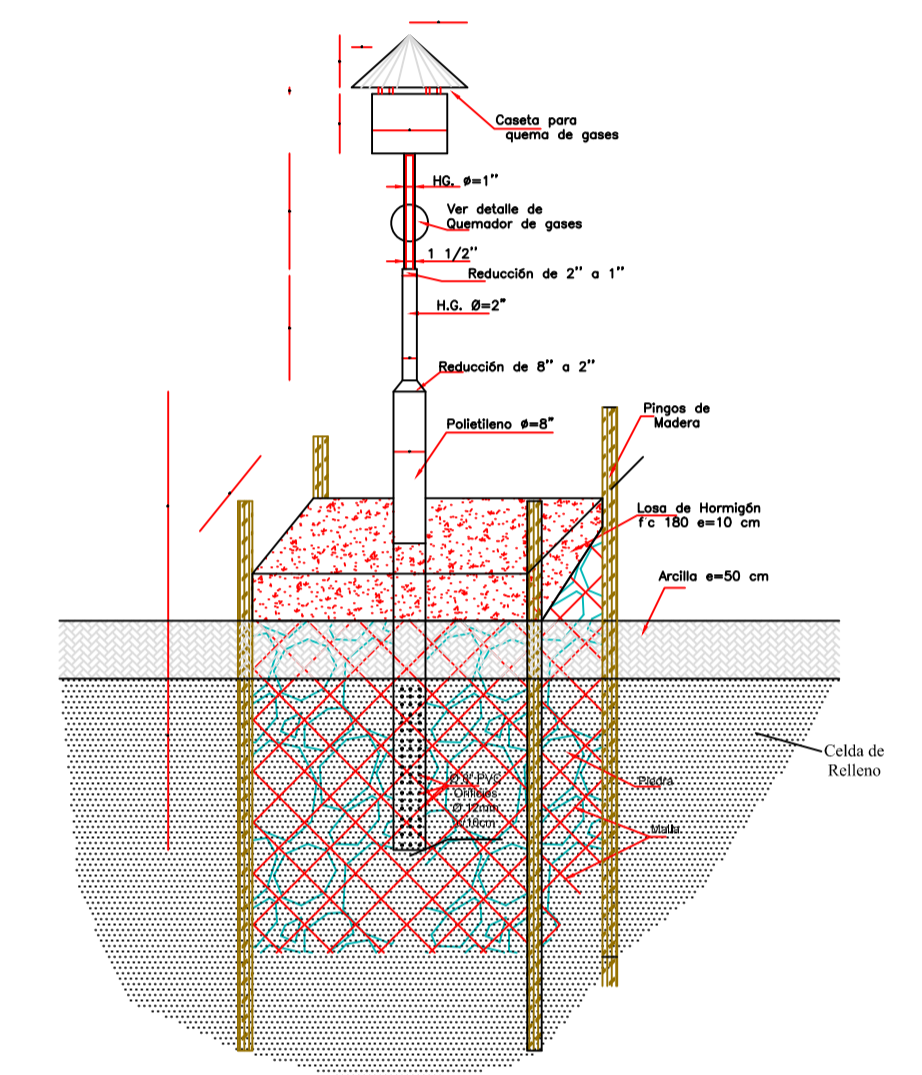
TERRAZAS Y CORTES ESC 1:1250



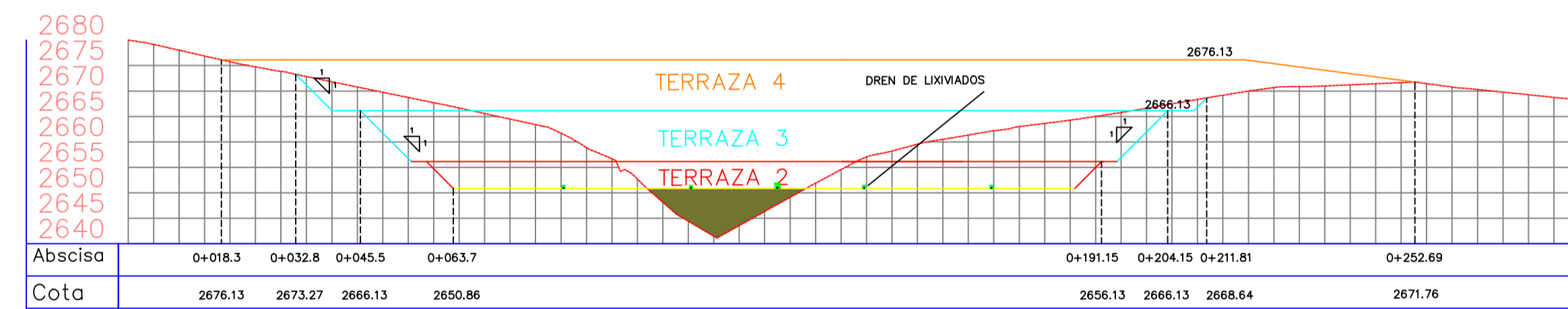
UBICACIÓN



DUCTO PARA QUEMA DE GASES

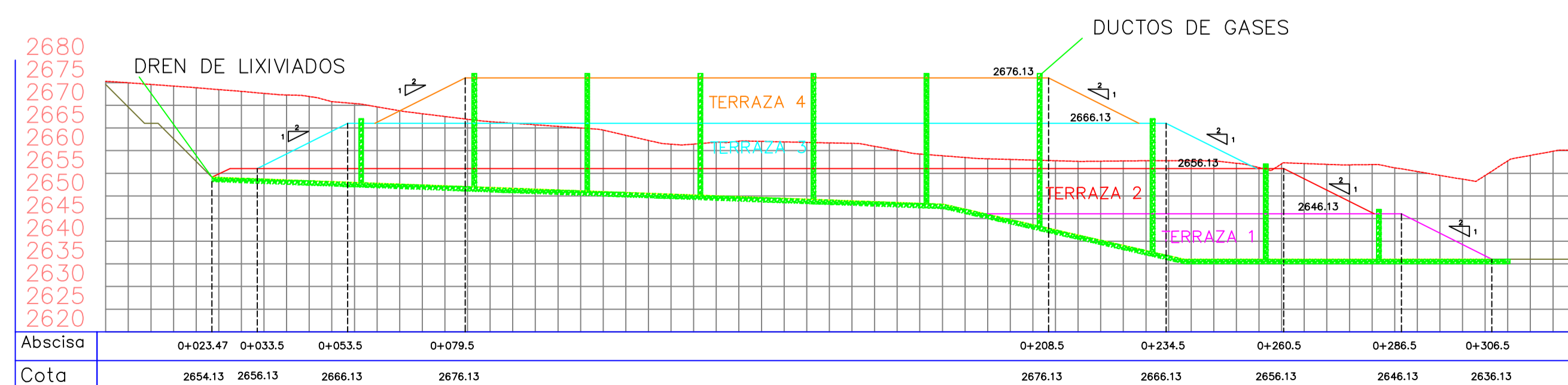
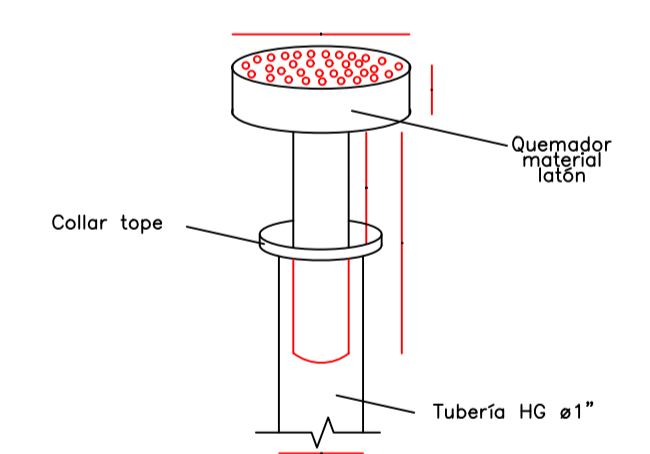


CORTE A1-A1
ESC 1:1000



CORTE A2-A2
ESC 1:1000

DETALLE QUEMADOR DE GASES



CORTE B1-B1
ESC 1:1000

PROYECTO :
**PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO RELLENO
SANITARIO PARA LA CIUDAD DE AZOGUES.**

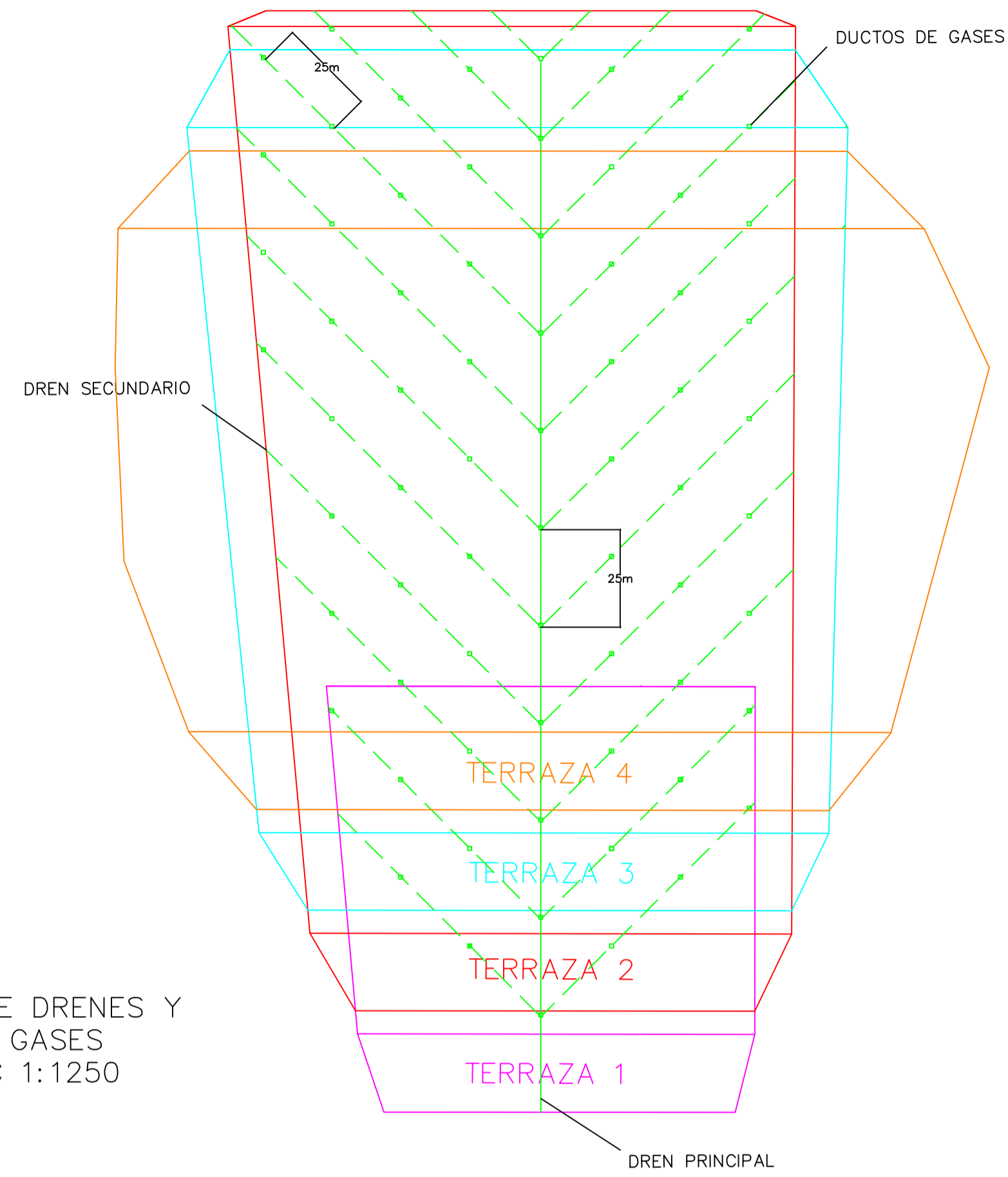


DISEÑO:
SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.
DIBUJO:
SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.
TUTOR:
ING. LUIS IDROVO O, Mg. Sc.

CONTIENE :
**EMPLAZAMIENTO DE TERRAZAS, CORTES
LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

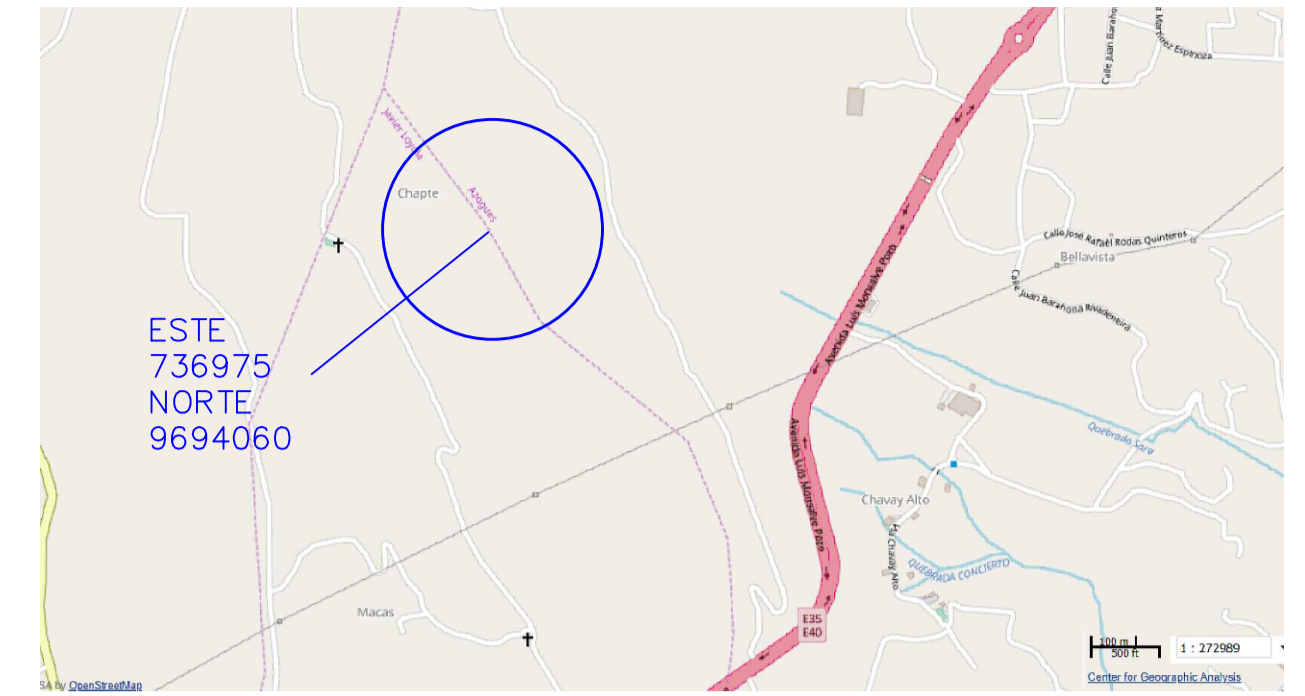
AZOGUES-AGOSTO-2019

LAMINA : 3/5

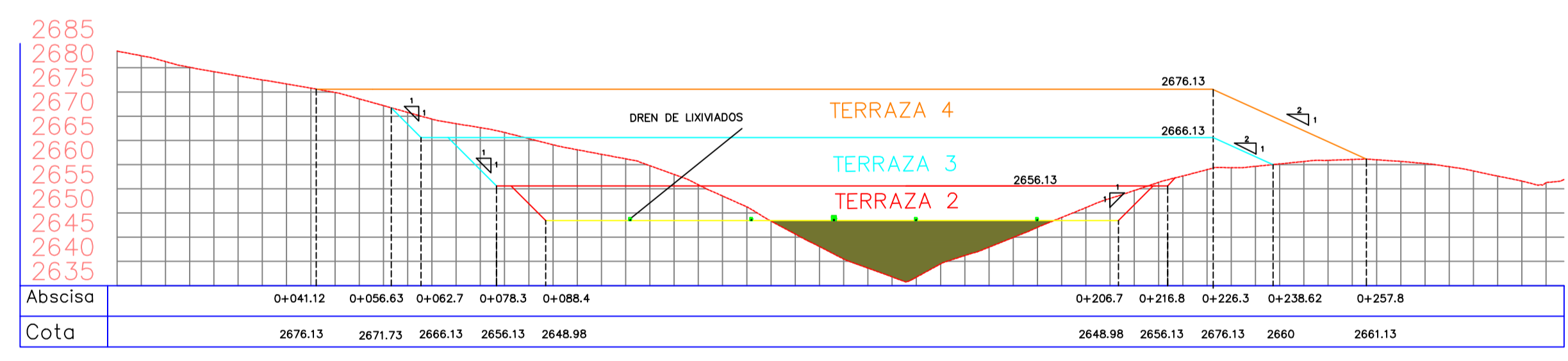
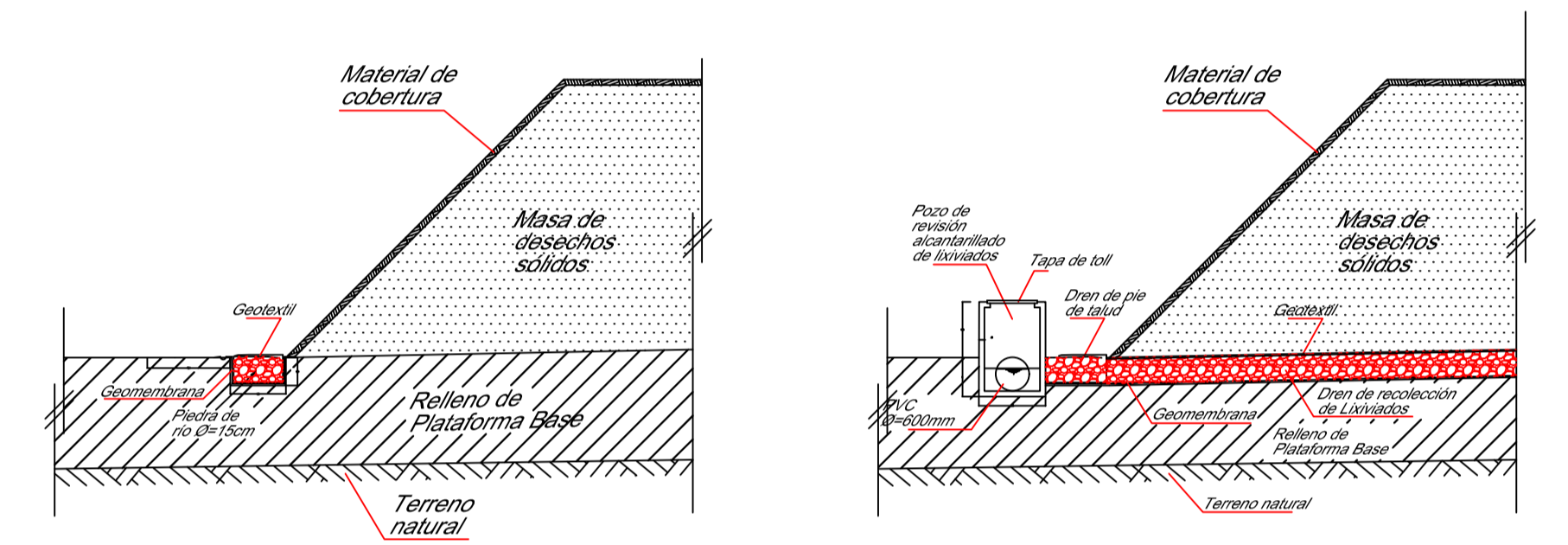


ESQUEMA DE DRENES Y DUCTOS DE GASES
ESC 1:1250

UBICACIÓN

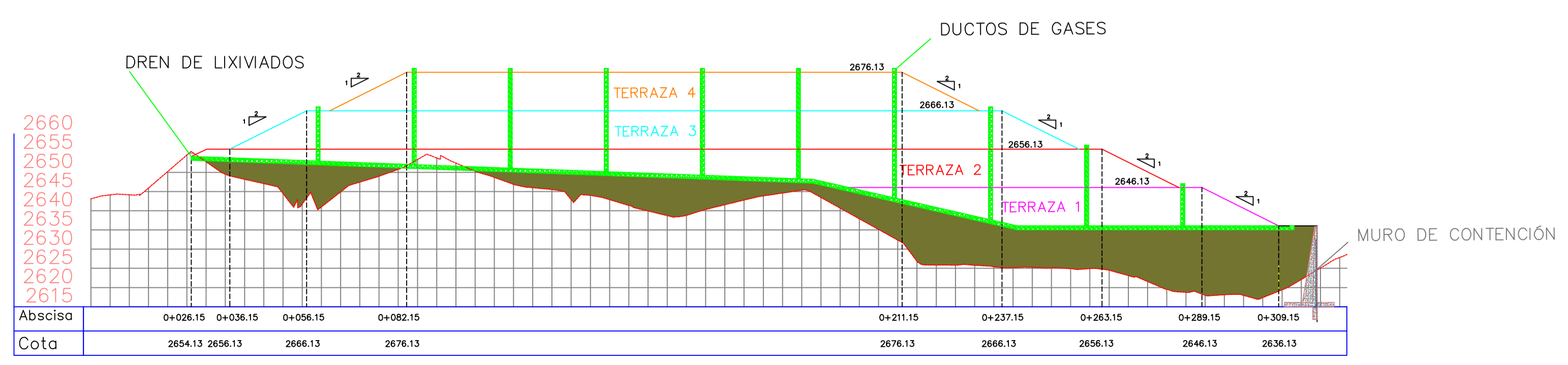
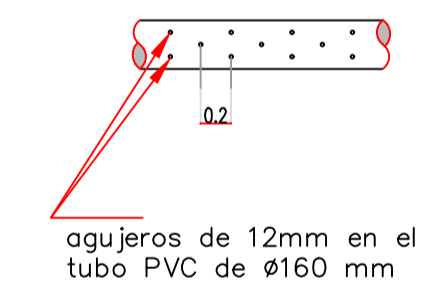


DETALLE DE DREN DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS, DREN DE PIE DE TALUD Y POZO DE REVISIÓN DE ALCANTARILLADO.



CORTE A3-A3
ESC 1:1000

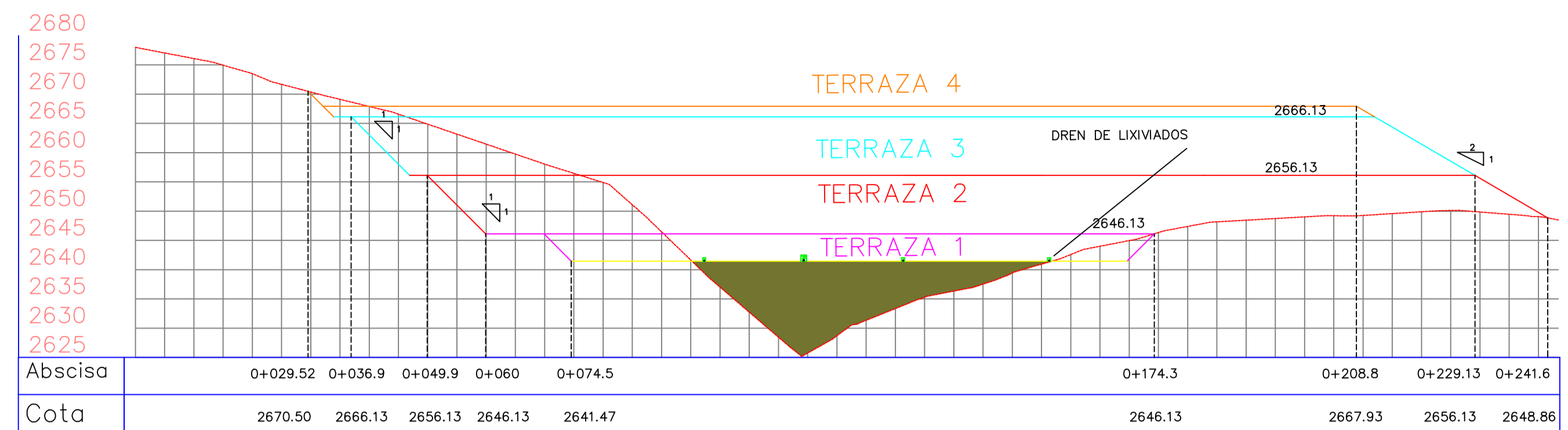
DETALLE TUB. PERFORADA



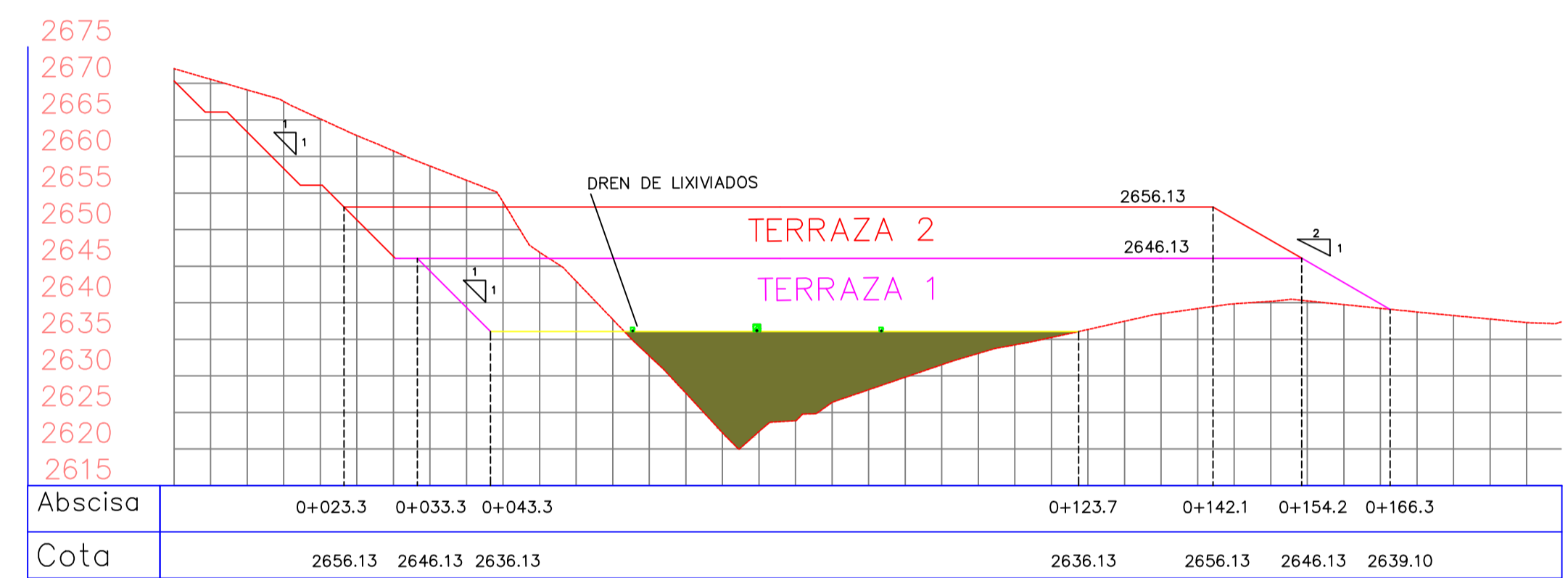
CORTE B2-B2
ESC 1:1000

PROYECTO :
PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO RELLENO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE AZOGUES.

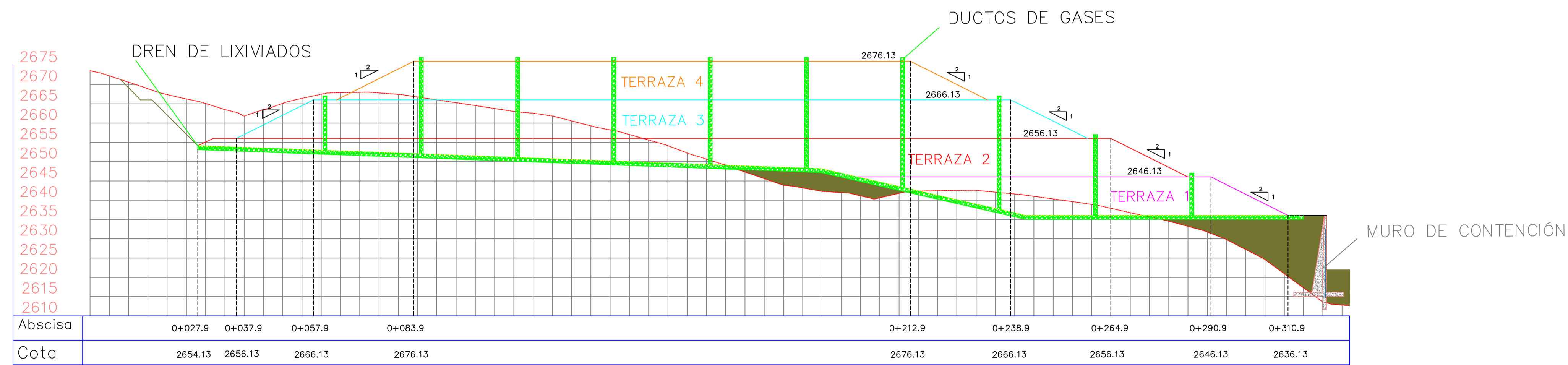
	DISEÑO: SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.
	DIBUJO: SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.
TUTOR: ING. LUIS IDROVO O. Mg. Sc.	
CONTIENE : ESQUEMA DE DUCTOS DE GASES Y DRENES, CORTES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	
AZOGUES- AGOSTO -2019 LAMINA : 4/5	



CORTE A4-A4
ESC 1: 750

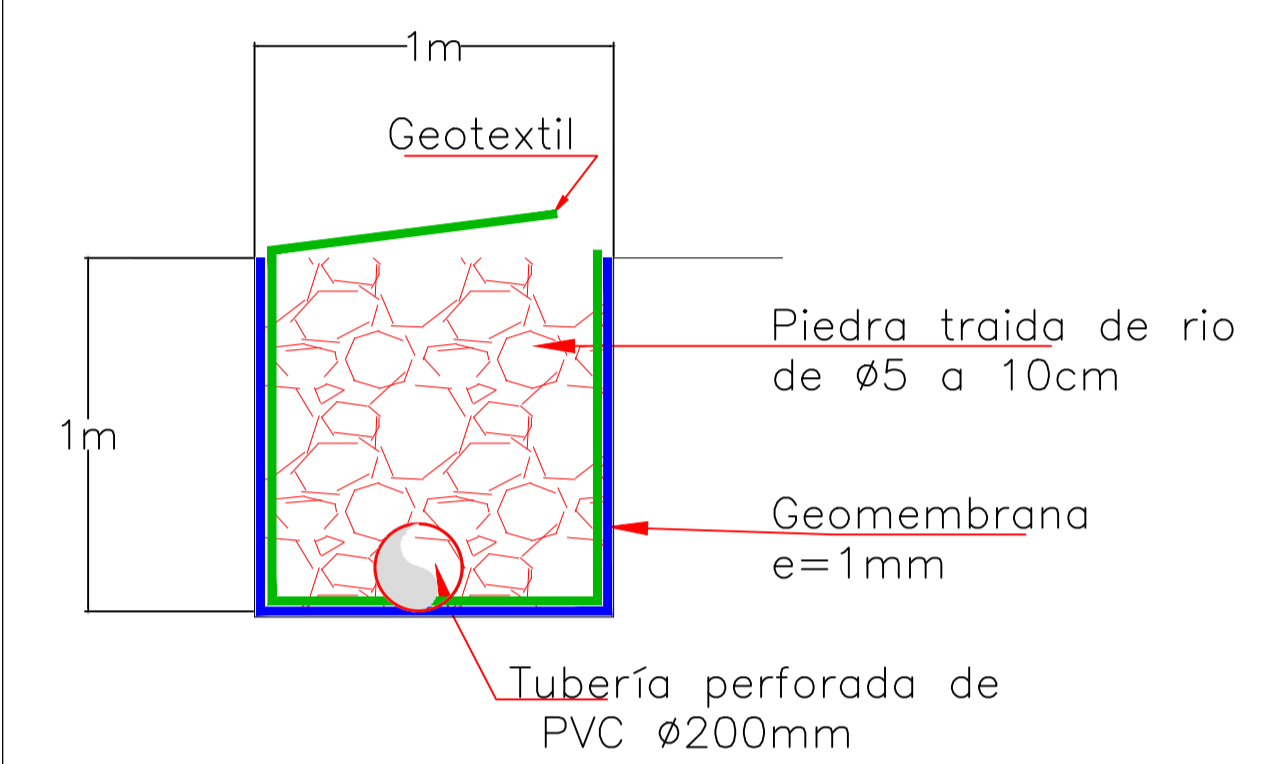
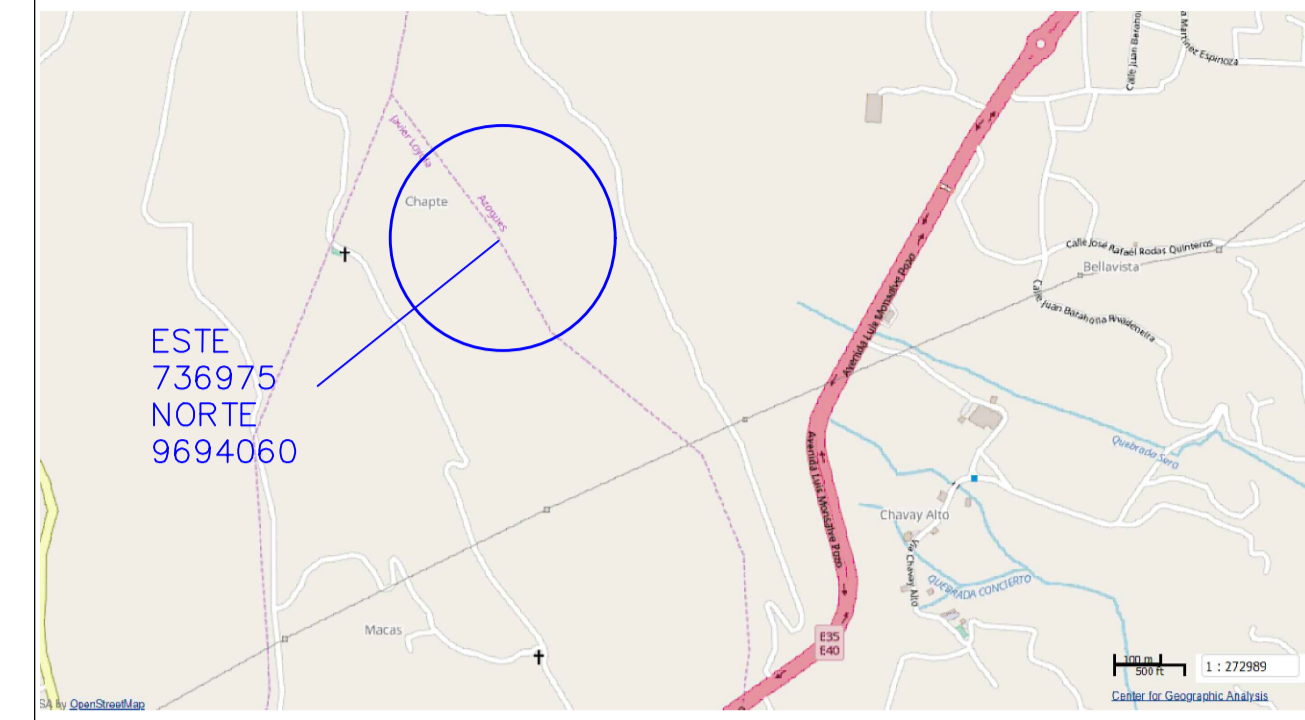


CORTE A5-A5
ESC 1: 750

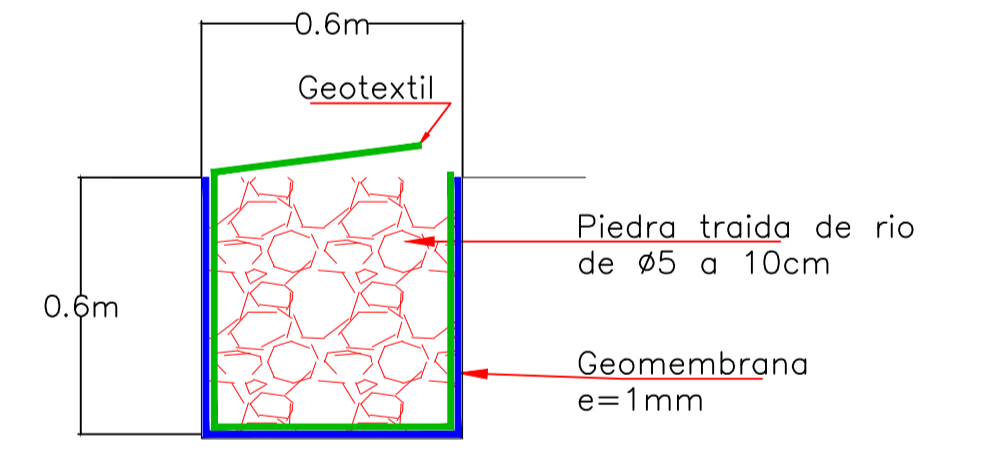


CORTE B3-B3
ESC 1: 750

UBICACIÓN



Sección dren principal



Sección dren secundario

PROYECTO :
PROPUESTA DE DISEÑO DEL NUEVO RELLENO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE AZOGUES.

	DISEÑO: SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.
	DIBUJO: SANTIAGO ISMAEL QUEVEDO PESANTEZ.
	TUTOR: ING. LUIS IDROVO O. Mg. Sc.

CONTIENE :
CORTES TRANSVERSALES Y LONGITUDINAL

AZOGUES-AGOSTO-2019
LAMINA : 5/5