

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**DISEÑO Y APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2018**

**TESIS:
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:
Bach. CALUA ZAMORA JHONY ALEX
Bach. MORI ROMERO JOSÉ LUIS**

**ASESOR
ING. ENRIQUE DURAND BAZÁN**

**TRUJILLO – PERÚ
2019**

Hoja de Firmas

Presidente

Secretario

Vocal

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mi familia gracias a su apoyo incondicional que siempre me brindan y sé que siempre contaré con ellos, como es el caso de mi madre que desde el cielo me va guiando y cuidando, mi esposa Milagros por ser más que esposa es la que me brinda su amor y me llena de fortaleza, a mis hijas Sol y Valentina que espero ser siempre su ejemplo y que con sacrificio, lucha y perseverancia se logra lo que uno se propone en el largo camino que les falta por recorrer.

Jhony Alex

Dedico el presente trabajo de investigación, a mis ángeles que desde el cielo me cuidan y encaminan mi vida, mi Padre Segundo, mi hermano "Kike" y mi hijo querido Abrahamsito; también les dedicó con inmenso cariño y amor a mi querida madre Lidia, mi hermana Cecilia, mi esposa Jannet, mis hijos Piero y Luchito; por su constante apoyo, cariño, sacrificio inagotable en el afán de poder realizarme como profesional.

José Luis

Agradecimiento

A nuestro Dios todo poderoso por su Divina Misericordia, quien permitió que alcanzáramos nuestra meta Universitaria.

A los distinguidos profesores de la “**Universidad Privada de Trujillo**”, que con sus sabias enseñanzas y ejemplos calaron en nuestra mente y corazón el ideal de nuestra carrera. De manera especial al **Mg. Enrique Durand Bazán**, asesor del presente trabajo de Investigación.

Agradecemos también a las diferentes personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de esta tesis.

Los Autores

Índice de Contenidos

Hoja de Firmas.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimiento	4
Índice de Contenidos	5
Índice de Tablas	7
Índice de Figuras.....	8
Resumen	9
Abstract.....	10
I. Introducción.....	11
Introducción.....	12
I.1. Realidad Problemática.....	13
I.2. Formulación del problema	14
I.3. Justificación de la Investigación	14
I.4. Objetivos de la investigación.....	14
I.4.1. Objetivo general.....	14
I.4.2. Objetivos Específicos.....	14
I.5. Bases Teóricas	15
I.5.1. Definición de los Geosintéticos	15
I.5.2. Clasificación de los Geo sintéticos	15
I.5.2.1. Geomembranas.....	15
I.5.3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	24
I.5.3.1. Aspectos teóricos	24
I.5.3.2. Factor de seguridad en el diseño de lagunas de estabilización	24
I.5.3.3. Clasificación de lagunas y mecanismos de funcionamiento.	25
I.6. Definición de términos básicos.....	29
I.7. Formulación de la hipótesis.....	29
I.7.1. Hipótesis general	29
I.7.2. Hipótesis específicas	29
II. Material y Métodos	31
II.1. Material:.....	31
II.1.1. De consumo	32
II.1.2. De Inversión	32
II.1.3. Servicios.....	32
II.2. Material de estudio.....	32

II.2.1. Población	33
II.2.2. Muestra	33
II.3. Técnicas, Procedimientos e Instrumentos	33
III. Resultados y Discusión	35
III.1. Metodología de diseño de los geotextiles y geomembranas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Baños del Inca	35
III.1.1. Ubicación del área de estudio	36
III.1.2. Vías de acceso	36
III.1.3. Altitud de la zona	38
III.1.4. Condiciones climáticas	38
III.1.5. Características geológicas	39
III.1.6. Geología	39
III.1.7. Geomorfología	40
III.1.8. Estratigrafía	41
III.1.9. Características Hidrológicas	42
III.1.10. Características de las Aguas Residuales	45
III.1.11. Diseño de geomembranas	46
III.1.11.1. Diseño por espesor	46
III.1.11.2. Estabilidad de la cobertura del relleno	48
III.1.11.3. Diseño de la longitud y zanja de anclaje	49
III.1.11.4. Chequeo por supervivencia	50
III.2. Aplicación del diseño proceso constructivo	50
III.2.1. Preparación de la superficie	50
III.2.1.1. Aspectos prácticos de construcción de lagunas de estabilización	50
III.2.1.2. Movimiento de tierras	51
III.2.2. Pruebas de control	52
III.2.2.1. Pruebas de compactación de suelos	52
III.2.3. Impermeabilización de fondo de laguna	52
IV. Conclusiones y Recomendaciones	54
V. Referencias bibliográficas	57
VI. Anexos	

Índice de Tablas

Tabla 6 <i>Ángulos de fricción geomembrana - suelo y geomembrana – geotextil según ensayo A5TM D 5321</i>	19
Tabla 7 <i>Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana HDPE vs. Espesor.</i>	19
Tabla 8 <i>Valores mínimos recomendados para supervivencia de la geomembrana asociada al proceso de instalación.</i>	23
Tabla 9 <i>Material de Consumo</i>	32
Tabla 10 <i>Material de Inversión</i>	32
Tabla 11 <i>Material de Servicio</i>	32
Tabla 12 <i>Tabla Climática</i>	39
Tabla 13 <i>Vertimiento de las Aguas Residuales.</i>	46
Tabla 38 <i>Resultados en el FS</i>	48
Tabla 39 <i>Resumen del diseño por espesor de la geomembrana</i>	50

Índice de Figuras

<i>Figura 27.</i> Geomembrana De Alta Densidad.....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Figura 28.</i> Geo membranas de Polietileno Ultra flexible.....	¡Error! Marcador no definido.
<i>Figura 29.</i> El uso en lagunas de estabilización de aguas residuales.	¡Error! Marcador no definido.
<i>Figura 30.</i> Modelo de diseño utilizado para calcular el espesor de la Geomembrana.....	17
<i>Figura 31.</i> Fuerzas actuantes con suelos de cobertura sobre geomembrana de recubrimiento, con profundidad del suelo constante.	20
<i>Figura 32.</i> Sección transversal de la longitud de desarrollo de una geomembrana con zanja de anclaje y fuerzas actuantes.....	21
<i>Figura 33.</i> Componentes Básicos de tratamiento de aguas residuales.	24
<i>Figura 34.</i> Croquis de una laguna anaeróbica profunda.....	26
<i>Figura 35.</i> Croquis de una laguna aireadas.....	26
<i>Figura 36.</i> Croquis Laguna de Maduración.....	28
<i>Figura 37.</i> Croquis de Laguna facultativa primaria.	28
<i>Figura 38.</i> Croquis de Laguna facultativa primaria - reacción bioquímica simplificada de la fotosíntesis.	29
<i>Figura 43.</i> Mapa de ubicación Departamental, Provincial y Distrital del Proyecto.	37
<i>Figura 44.</i> Climograma de Baños del Inca.....	38
<i>Figura 45.</i> Diagrama de Temperatura.....	39
<i>Figura 62.</i> Dimensionamiento Longitud desarrollo y Zanja de anclaje.	50
<i>Figura 68.</i> Balance entre relleno y excavación	¡Error! Marcador no definido.
<i>Figura 69.</i> Excavación de las lagunas primaria	51
<i>Figura 70.</i> Perfilado y compactado de los taludes	51
<i>Figura 71.</i> Compactado de fondo de laguna.....	52
<i>Figura 72.</i> Control de densidad de campo en fondo de laguna.....	52
<i>Figura 73.</i> Revestimiento de una laguna de estabilización con polietileno	53

Resumen

Se plantea un método óptimo para el diseño y aplicación de geotextiles y geo membranas en plantas de tratamiento de aguas residuales y así efectuar la función que de ellos se espera y lograr una alargada duración como construirlo mas rápidamente.

Exhibe el proceso de los geo sintéticos, con sus pertinentes pruebas, propiedades, especificaciones técnicas para el diseño de los geo textiles y geo membranas. Estas ilustraciones, accederán hacer los diseños pertinentes.

Abstract

An optimal method is proposed for the design and application of geotextiles and geo membranes in wastewater treatment plants and thus perform the function that is expected of them and achieve an elongated duration such as building it more quickly.

Exhibits the process of synthetic geo, with its relevant tests, properties, technical specifications for the design of geo textiles and geo membranes. These illustrations will agree to make the relevant designs.

I. Introducción

Introducción

El término calidad total, aplicado inicialmente en el mundo empresarial, poco a poco se ha introducido en diferentes entidades privadas, evidenciando que el sector público no puede estar al margen de las aspiraciones de mayor bienestar sino que, mediante la mejora de la calidad, plantea su desarrollo por lo que las tendencias mundiales, exigen a los organismos privadas a establecer un sistema de Aseguramiento de Calidad en la Construcción y de una mejora continua a fin de aspirar alcanzar estándares internacionales. En algunas entidades públicas y privadas, no existe normativa, ni mecanismos técnicos que permitan asumir de forma sistemática una evaluación y mejora continua de la calidad en la construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

La importancia del presente trabajo de investigación, radica que en los últimos 20 años se evidencia una mejor opción de calidad de vida, la calidad de la construcción juega un papel determinante para el futuro, lo que hoy se construye persistirá en el tiempo y es una decisión respecto de la calidad de vida que se desea para el futuro. Por ende, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ha emprendido un conjunto de medidas encaminadas a mejorar la calidad en el contexto del reforzamiento de la calidad de construcción en todo el país, empleando Planes de Aseguramiento de la Calidad (PAC), orientados fundamentalmente a instalar una serie de procedimientos técnicos y administrativos bajo la operatoria de la nueva política habitacional.

La presente tesis de investigación, proyecta ser un aporte de las experiencias ejecutadas en el trabajo de campo realizado en la construcción de obras utilizando geosintéticos, cuyos resultados servirán a los estudiantes de la Universidad Privada de Trujillo dedicados a estudios de diseño y aplicación con su debido control de calidad en la construcción.

Así también, deberá de servir como un instrumento de Gestión a los profesionales, impulsando la mejora continua en diversos proyectos que se encuentren a su cargo con el propósito de convertirse en un profesional competitivo y de alta calidad, siendo capaces de supervisar, orientar y gestionar en forma correcta los diferentes procedimientos, usos de normas y herramientas de gestión.

Todos estos conocimientos expresados anteriormente y explicados llevaron a elaborar el presente trabajo, que estará orientado a todos los profesionales que se encuentren sumidos en el tema de diseño y aplicación de Geosintéticos.

I.1. Realidad Problemática

La política de calidad impulsada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), establece un marco de mayores exigencias a la acción de los servicios de vivienda y urbanismo (SERVIU), a partir del año 2004, en el contexto del reforzamiento de la calidad en todo el país se dio inicio a la aplicación de los Planes de Aseguramiento de la Calidad (PAC), encaminados fundamentalmente a instalar una serie de procedimientos técnicos y administrativos cuyo objetivo final es asegurar o mejorar la calidad de construcción bajo la operatoria de la nueva política habitacional.

El término calidad total, aplicado inicialmente en el mundo empresarial, poco a poco se ha introducido en diferentes entidades privadas, evidenciando que el sector público no puede estar al margen de las aspiraciones de mayor bienestar, sino que, mediante la mejora de la calidad, plantee su desarrollo por lo que las tendencias mundiales, exigen a las instituciones privadas a establecer un sistema de Aseguramiento de Calidad en la Construcción y de una mejora continua a fin de aspirar alcanzar estándares internacionales. En algunas entidades públicas y privadas, no existe normativa, ni componentes técnicos que permitan asumir de forma sistemática una evaluación y mejora continua de la calidad en la construcción usando el Sistema de impermeabilización (geotextil - geomembrana).

Actualmente, se habla del Aseguramiento de Calidad en la Construcción en el ámbito privado, sobre todo en sectores de construcción y minería, sin embargo, muchas empresas no cuentan con los documentos necesarios (Dossier de Calidad) para auditar después de entregado el proyecto para su posterior comprobación, por lo que no se conoce con precisión del Aseguramiento de Calidad en la Construcción del referido proyecto. Dentro del marco de registro de información de Aseguramiento de Calidad en la Construcción.

En este contexto, la presente investigación tiene como fin confeccionar protocolos que se requieran para los ensayos a la Geomembrana de acuerdo a la

norma establecida, los cuales estarán dentro del Dossier de Calidad para realizar un adecuado sistema de Aseguramiento de calidad en la construcción usando Sistema de impermeabilización (geotextil - geomembrana).

I.2. Formulación del problema

¿Cómo debe ser el diseño y aseguramiento de la calidad de Geo sintéticos en la Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Localidad de Baños del Inca?

I.3. Justificación de la Investigación

En el espacio de aplicación de estos materiales (Geotextil y Geo membranas) está basado en depósitos de líquidos y desechos (lagunas de estabilización).

Para la construcción usando geotextiles y geomembranas en plantas de tratamiento de aguas residuales, la presente tesis propone implantar un método apropiado para el diseño, aplicación y aseguramiento de la calidad.

I.4. Objetivos de la investigación

I.4.1. Objetivo general

- ✓ Para la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Baños del Inca, se plantea un método correcto de diseño y aplicación de geo textiles y geo membranas en.

I.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Efectuar el estudio de mecánica de suelos, para obtener las características cuantitativas y cualitativas de la fundación para el diseño de geo textiles y geo membranas en plantas de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Baños del Inca.
- ✓ Conseguir el diseño de la cobertura con geo sintéticos de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la localidad de Baños del Inca.

I.5. Bases Teóricas

I.5.1. Definición de los Geosintéticos

Los geosintéticos son materiales, principalmente fabricados con productos derivados del petróleo, originalmente usados en aplicaciones de ingeniería geotecnia, utilizados para mejorar, cambiar o mantener las características del suelo con el que interactúan. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

I.5.2. Clasificación de los Geo sintéticos

a) Geotextiles

Es un material que se utiliza en contacto con el suelo u otros materiales en ingeniería para aplicaciones geotécnicas, que es textil plano, permeable polimérico que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

b) Geomembranas

Las geomembranas son aplicadas a la ingeniería geotécnica para controlar la migración de fluidos y se definen como un recubrimiento. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

c) Geoceldas

Productos fabricados con soldadura ultrasónica que en función del calor logran un material estructural, flexible y durable con polietileno de alta densidad -HDPE- y forman estructuras celulares y encierros tridimensionales, perfectos. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

d) Geomantas

Son destinados a reducir la erosión de suelos y asistir el desarrollo, establecimiento y protección de la vegetación. Son materiales temporales degradables o permanentes no degradables fabricados en rollos y (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

A continuidad, se refiere los ítems a y c motivos de estudio de la tesis.

I.5.2.1. Geomembranas

Permiten efectuar uniones entre láminas por medio de fusión térmica o química sin alterar las propiedades del material. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

✓ **Funciones y aplicaciones**

1. Manejo de Desechos Urbanos

- Rellenos sanitarios.
- Zonas de acaparamiento para el tratamiento de suelos contaminados.

2. Industria Petrolera y Gasífera

- Depósitos de lodos industriales.
- Protección de diques.
- Depósitos de contención secundarios.

3. Operaciones Mineras

- Depósitos de salmueras.
- Diques de contención de residuos mineros.
- Depósitos de relaves.
- Plataformas de lixiviación en pilas.

4. Sector Hidráulico

- Reservorios de agua potable.
- Canales de irrigación.
- Depósitos de contención.
- Piscicultura.

5. Arquitectura Paisajística y Recreativa

- Estanques y lagos artificiales.
- Piscinas para proyectos paisajísticos.

✓ **Metodología del diseño de geomembranas**

- **Metodología de diseño**

Garantizando la protección del ecosistema en cada una de las aplicaciones, la

metodología que se presenta a continuación permite seleccionar la geomembrana más adecuada para ser instalada como barrera impermeable. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

El diseño por función consiste en evaluar la principal aplicación para la cual se utiliza la geomembrana y calcular el valor requerido para esa propiedad en particular. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Para el diseño de la geomembrana, se contrastan las resistencias del material con el valor requerido en el diseño para una misma propiedad, logrando un factor de seguridad global FS_g. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

$$FS_g = \frac{\text{Resistencia Admisible}}{\text{Resistencia Requerida}} \Rightarrow FS_g > 1$$

✓ **Diseño por espesor de geomembranas**

Debido a los comportamientos tan distintos a la fluencia de cada uno de los materiales, el espesor preciso de una geomembrana dependerá del polímero con que esté fabricada dicha membrana. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Para el cálculo del espesor se realiza un equilibrio límite teniendo en cuenta la posible deformación en la geomembrana como se muestra a continuación:

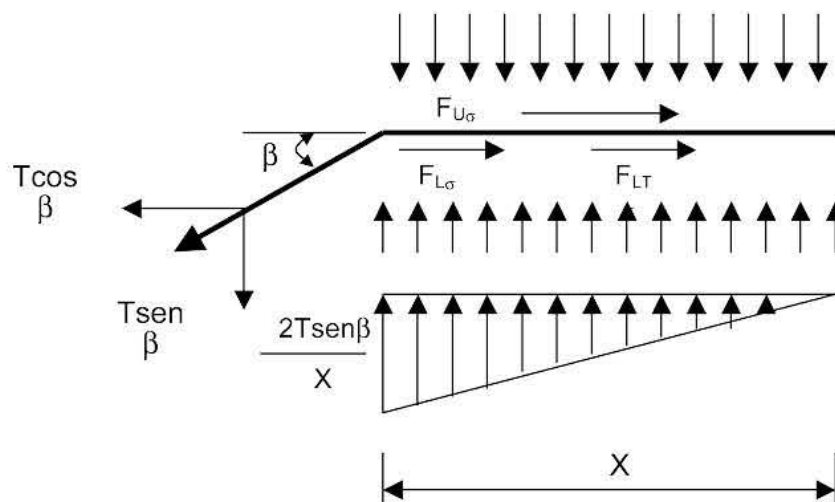


Figura 1. Gráfico usado para calcular el espesor de la Geo membrana.

Nota: Manual de diseño con geo sintéticos, Novena edición, 2012.

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ T \cos \beta &= F_{U\sigma} + F_{L\sigma} + F_{LT} \\ T \cos \beta &= \sigma_n \tan \delta_U(x) + \sigma_n \tan \delta_L(x) + 0.5 (2T \sin \beta / x) (x) \tan \delta_L \\ T &= \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L} \quad (01) \end{aligned}$$

La tensión inducida en la geomembrana es igual al esfuerzo admisible por el espesor.

$$T = S_{adm} t$$

Donde:

- T = Tensión movilizadora en la geomembrana
- S_{adm} = Esfuerzo admisible en la geomembrana
- t = Espesor de la geomembrana

Entonces reemplazando estos valores en la ecuación (01) se tiene que:

$$t = \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\sigma_{adm} (\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L)} \quad (02)$$

Donde:

- b = Angulo que forma el movimiento de la geomembrana a tensión con la horizontal
- F_{Us} = Fuerza de fricción sobre la geomembrana debido al suelo de cubierta (para suelos de cubierta demasiado delgados, la fracturación de este puede ocurrir por tensión, en estos casos este valor suele ser despreciable)
- F_{Ls} = Fuerza de fricción debajo de la geomembrana debido al suelo de cubierta
- F_{LT} = Fuerza de fricción debajo de la geomembrana al componente vertical de T admisible
- s_n = Esfuerzo aplicado por el material de relleno
- du = Angulo de fricción entre la geomembrana y el material superior (ASTM D 5321)

d_L = Angulo de fricción entre la geomembrana y el material inferior (A5TM D 5321)

X = Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana

Tabla 1 *Ángulos de fricción geomembrana - suelo y geomembrana – geotextil según ensayo A5TM D 5321*

Tipo de geomembrana	Tipo de geotextil No tejido punzonado	Tipo de suelo - arena		
		$\phi = 30^\circ$	$\phi = 28^\circ$	$\phi = 26^\circ$
Texturizada	32°	30° (100%)	26° (92%)	22° (83%)
Lisa	8°	18° (56%)	18° (61%)	17° (63%)

Nota: Según ensayo A5TM D 5321

Tabla 2 *Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana HDPE vs. Espesor.*

Espesor de geomembrana HDPE	Distancia de movilización
(mm)	(mm)
0.75	30
1.50	50

Nota:

Según ensayo A5TM D 5321

✓ **Estabilidad de cobertura del relleno**

Protección contra las altas temperaturas que incrementan la alta degradación, protección contra el punzonamiento y el rasgado por materiales angulares, protección ante posibles daños accidentales o intencionales. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Las geomembranas por lo general deben ser recubiertas, con el recubrimiento se busca protección adicional contra la oxidación, protección contra la degradación ultra-violeta. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Motivo por el cual este chequeo se basa en las condiciones de equilibrio límite entre el subsuelo, usualmente se suelen cubrir con espesores pequeños de suelo, que generalmente tienen la tendencia a deslizarse sobre los taludes. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

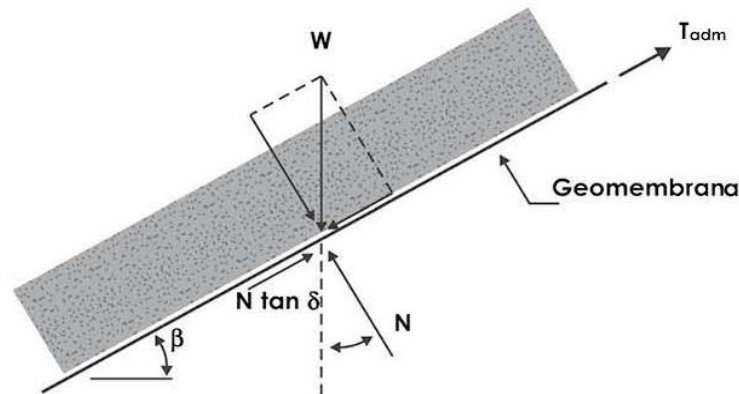


Figura 2. Fuerzas actuantes con suelos de cobertura sobre geomembrana de recubrimiento, con profundidad del suelo constante.

Para realizar el cálculo de la estabilidad de la cobertura se chequea un F.S. por equilibrio límite.

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{\text{Fuerzas Resistentes}}{\text{Fuerzas Actuantes}} \\
 FS &= \frac{N \tan \delta_U (L) + T_{adm}}{W \sin \beta (L)} \\
 FS &= \frac{(W \cos \beta) \tan \delta_U (L) + T_{adm}}{W \sin \beta (L)} \quad (03)
 \end{aligned}$$

Donde:

W = Peso del material de relleno

β = Angulo de inclinación del talud con la horizontal

δ_U = Angulo de fricción entre la geomembrana y el material superior

L = Longitud de la inclinación

$T_{adm} = s_n * t$, Fuerza de tensión en la geomembrana

Se escoge la longitud con la cual se obtenga un FS mínima de 1 para garantizar que no habrá deslizamiento de la capa de suelo; una vez obtenidos diferentes factores de seguridad para diferentes longitudes de inclinación. (PAÚL CHANCASANAMPA

PACHECO, 2013)

✓ **Diseño de la longitud y zanja de anclaje**

En la profundidad de la zanja de anclaje se tienen fuerzas laterales actuando sobre la geomembrana, más específicamente una presión activa de tierras tendiendo a desestabilizar el sistema y una presión pasiva de tierra que lo tiende a soportar. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Se tiene en cuenta un estado de esfuerzos dentro de la zanja de anclaje y su mecanismo de resistencia, para este chequeo,. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

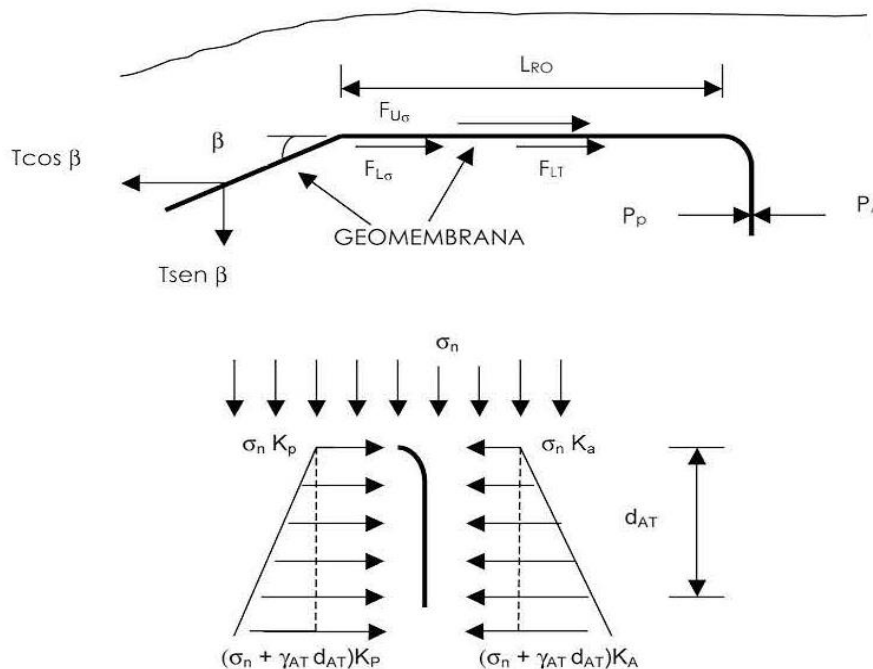


Figura 3. Sección transversal de la longitud de desarrollo de una geomembrana con zanja de anclaje y fuerzas actuantes.

$$\Sigma F_X = 0$$

$$T_{adm} \cos \beta = F_{U\sigma} + F_{L\sigma} + F_{LT} - P_A + P_P$$

$$T_{adm} \cos \beta = \sigma_n \tan \delta_U (L_{RO}) + \sigma_n \tan \delta_L (L_{RO}) + 0.5 (2T_{adm} \sin \beta / L_{RO}) (L_{RO}) \tan \delta_L - P_A + P_P$$

$$T_{adm} = \frac{\sigma_n L_{RO} (\tan \delta_U + \tan \delta_L) - P_A + P_P}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L} \quad (04)$$

Donde:

- L = Longitud de desarrollo
- P_A = Presión activa de tierras contra el material de relleno de la zanja de anclaje
- P_P = Presión pasiva de tierras contra el suelo in-situ de la zanja de anclaje
- g_{AT} = Peso Específico del suelo de la zanja de anclaje
- d_{AT} = Profundidad de la zanja de anclaje
- s_n = Esfuerzo normal aplicado por el suelo de cobertura
- K_A = Coeficiente de presión de tierra activa = $\tan^2(45 - \emptyset/2)$
- K_P = Coeficiente de presión de tierra pasiva = $\tan^2(45 + \emptyset/2) = 1/K_A$
- \emptyset = Angulo de fricción del suelo respectivo.

Resolviendo para la ecuación cuatro (04) se tiene dos incógnitas, y por iteraciones, se tiene un dato constructivamente óptimo tanto para para la profundidad de la zanja de anclaje (d_{AT}) como la longitud de desarrollo (L_{RO}). (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

✓ **Chequeo por supervivencia**

La geomembrana puede sobrevivir la instalación y cumplir adecuadamente con la función para la cual fue especificada e instalada, únicamente mediante especificaciones estrictas y un aseguramiento de la calidad en la construcción. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Se debe considerar adicionalmente procesos de transporte, manejo e instalación, los cuales están fuera del alcance del diseñador, después de haber escogido la geomembrana aplicando la metodología de diseño. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Puede ser vulnerable al rasgado, punzonamiento e impacto, mientras una geomembrana es transportada, manipulada e instalada,.

Situaciones como, caída de herramientas sobre el material, tránsito de personas sin un calzado adecuado, automóviles o camiones sobre la geomembrana sin material de protección, fuertes vientos, entre otros, son situaciones "comunes" durante el proceso de instalación. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Estos eventos pueden ocurrir accidentalmente, por vandalismo o por la falta de cuidado en el trabajo de instalación. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

En la tabla 2.4 se relacionan algunas propiedades mecánicas de la geomembrana, resistencia a la tensión, susceptibilidad al rasgado, punzonamiento y daño por impacto. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

La Tabla 8 nos muestra valores a cuatro grados diferentes de supervivencia.

Tabla 3 *Valores mínimos recomendados para supervivencia de la geomembrana asociada al proceso de instalación.*

Propiedad física y método de laboratorio	Grado requerido de supervivencia			
	Bajo ¹	Medio ²	Alto ³	Muy alto ⁴
Espesor (D5199), mils (mm)	20 (0.50)	30 (0.75)	40 (1.0)	60 (1.5)
Tensión (D6693), Lb/pulg (KN/m)	46 (8.0)	69 (12)	91 (16)	137 (24)
Rasgado (D1004), Lb (N)	15 (67)	22.7 (101)	30.3 (135)	45.6 (203)
Punzonamiento (D4833), Lb (N)	36 (160)	60 (268)	80 (357)	120 (536)
Impacto (D3998 mod), J	10	12	15	20

Nota: Designing With Geosynthetics 5ta. Edición. Robert Koerner.

1 Bajo: se reseña a una esmerada instalación a mano sobre un suelo bien gradado y parejo con cargas ligeras de naturaleza estática. Típicos usados como barreras de vapor bajo trozos de piso. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

2 Medio: se reseña a una colocación manual o con maquinaria sobre un suelo parejo con maquinaria de poca textura con cargas medianas. Se usa generalmente en canales. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

3 Alto: se reseña a una colocación manual o con maquinaria sobre un terreno parejo con maquinaria de poca textura con cargas relevantes. Se usa generalmente para suelos de relleno y coberturas. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

4 Muy Alto: se reseña a una colocación manual o con maquinaria sobre un terreno parejo con maquinaria de una textura muy pobre con cargas relevantes. Es propio usarlo en rellenos sanitarios y reservorios. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

I.5.3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

I.5.3.1. Aspectos teóricos

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Baños del Inca, se tomarán en cuenta temas relacionados como ambientales y sanitarios, aplicando el diseño de Los geosintéticos. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

El circuito de los componentes básicos de una planta de tratamiento se especifica con sus respectivas características, pero también se hace mención el tratamiento de las aguas residuales y el reúso en actividades agrícolas, por lo tanto. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

La clasificación de los tratamientos se abrevia en la figura 33 el nivel de tratamiento óptimo dependerá de la utilización final de las aguas tratadas y también se relacionará con el componente financiero. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

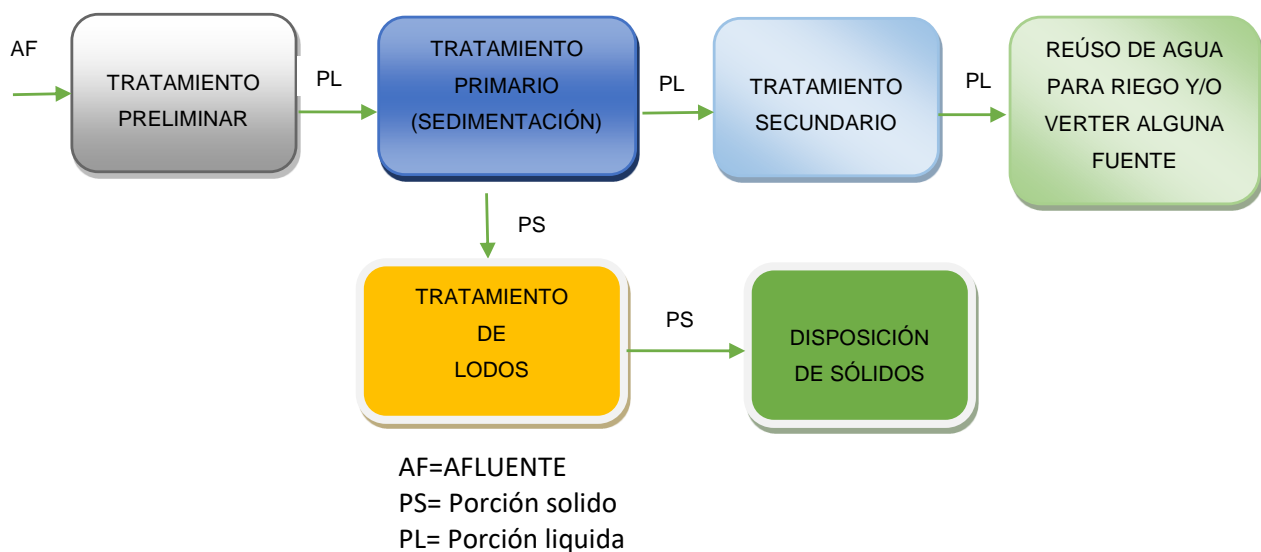


Figura 4. Componentes Básicos de tratamiento de aguas residuales.

I.5.3.2. Factor de seguridad en el diseño de lagunas de estabilización

No es tan fácil encontrar este factor de seguridad, en el caso de lagunas de estabilización. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Para que le garantice que la estructura que está proyectando va a funcionar sin problemas, el proyectista de lagunas de estabilización, como otro proyectista desea

tener un factor de seguridad. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Ha sido por causa de un balance hídrico inadecuado que la mayoría de las lagunas de estabilización que no han logrado cumplir su objetivo. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

$$Q_e = Q_a + Pr + P_c - E - P_e \text{ ----- (05)}$$

Dónde:

Q_e = Caudal efluente

Q_a = Caudal afluente de aguas residuales

Pr = Precipitación que cae sobre la laguna

P_c = Infiltración de agua subterránea hacia la laguna (sucede cuando el nivel freático esta sobre el de la laguna)

E = Evaporación

P_e = Perdidas por percolación (sucede cuando el nivel freático está por debajo de las lagunas y estas no se han sellado). Las cantidades anteriores se pueden trabajar en (m³/día o lts/día).

I.5.3.3. Clasificación de lagunas y mecanismos de funcionamiento.

- Lagunas Aireadas
- Lagunas Facultativas
- Lagunas Anaeróbicas
- Lagunas de Maduración
- **Lagunas anaeróbicas**

Cuando la carga orgánica es muy grande (>1.000 kg de DBO/ha/día), la DBO excede la producción de oxígeno de las algas (y de la aireación superficial) y la laguna se vuelve íntegramente anaerobia. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

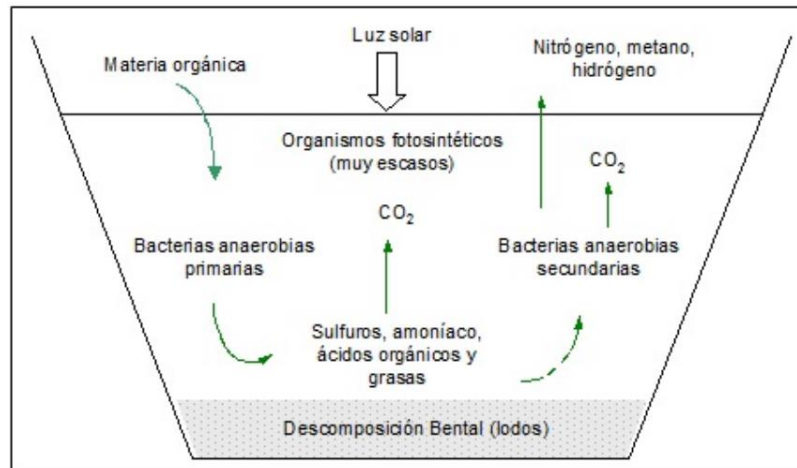


Figura 5. Croquis de una laguna anaeróbica profunda.

➤ Lagunas aireadas

Requieren menos área que las facultativas y las anaeróbicas, no producen malos olores y son eficientes en la remoción de DBO, las lagunas aireadas mecánicamente constituyen una herramienta muy útil en ciertas circunstancias. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

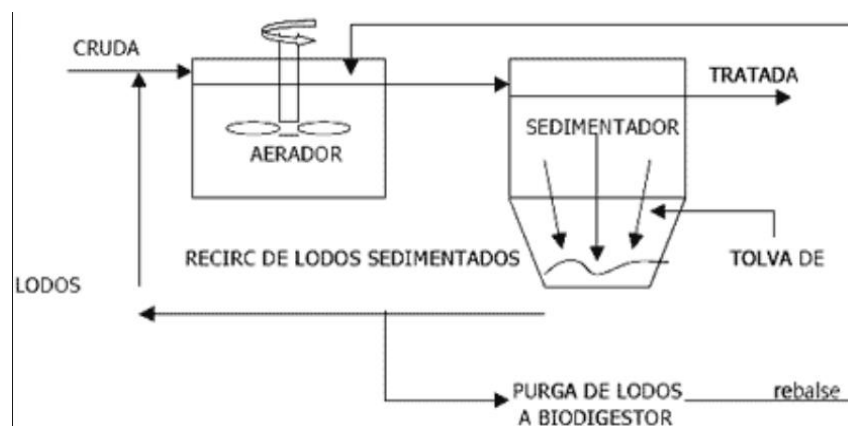


Figura 6. Croquis de una laguna aireadas.

➤ Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración o pulimento, en general prosiguen de un proceso de laguna facultativa primaria o secundaria,. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Forman parte de las lagunas de Oxidación o estabilización por lo que tiene

características y procesos de construcción similares. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Son muy poco profundas (por lo general 0,9 a 1 m de profundidad), para permitir la penetración de la luz a la parte inferior y condiciones aeróbicas durante toda la profundidad. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

La carga en el estanque de maduración se calcula sobre la suposición de que 80% de la DBO se ha eliminado en el tratamiento anterior. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Básicamente, es una laguna aerobia y el proceso se realiza mediante la simbiosis entre algas y bacterias. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

El tamaño y el número de lagunas de maduración necesarias, se determina por el tiempo de retención requerido para alcanzar una concentración de patógeno efluente especificado. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Puede ser necesaria más de una laguna de maduración con el fin de lograr el nivel deseado de remoción de coliformes fecales. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Si los límites no son tan estrictos para patógenos, las lagunas de maduración actúan como un amortiguador en caso de falla en el proceso anterior, y son útiles para la eliminación de nutrientes. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Si se utiliza un sistema lagunar de proceso anaeróbico y laguna facultativa secundaria, esto producirá un efluente apto sólo para el riego restringido. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

Por lo tanto, se necesitan lagunas de maduración adicionales si se requiere una mayor calidad de efluente para el riego sin restricciones. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

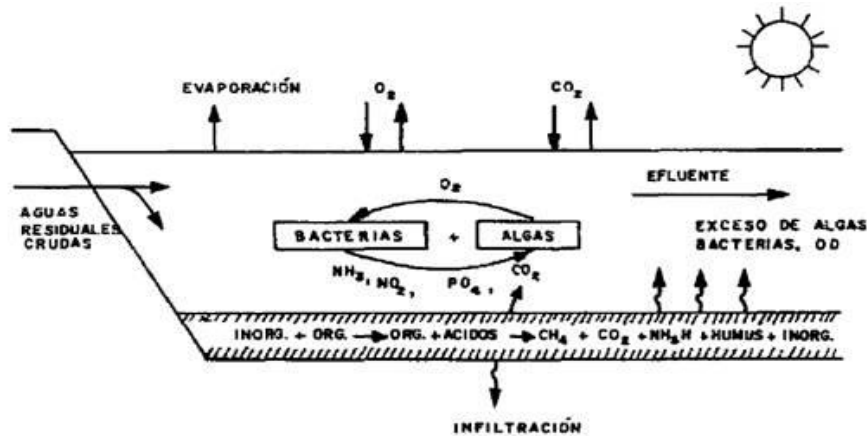


Figura 7. Croquis Laguna de Maduración.

➤ Lagunas facultativas

Son depósitos de hondonadas más pequeñas (1.0m a 1.8 m.) y su contenido de oxígeno oscila de acuerdo a la hondura y hora del día. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

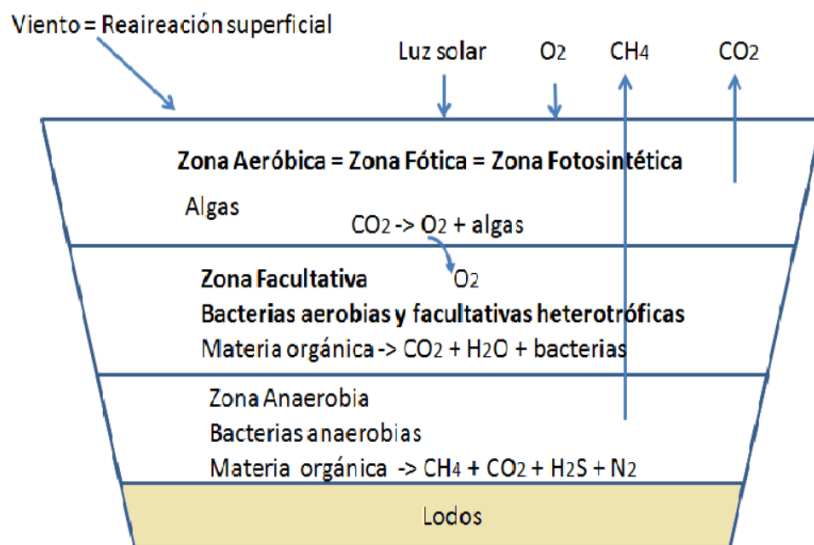


Figura 8. Croquis de Laguna facultativa primaria.

En la Figura 38, se presenta un esquema de este tipo de lagunas. (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

A continuación, se representa la reacción bioquímica simplificada de la fotosíntesis, la cantidad de oxígeno requerida para esta degradación es suministrada principalmente por proceso de fotosíntesis: (PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, 2013)

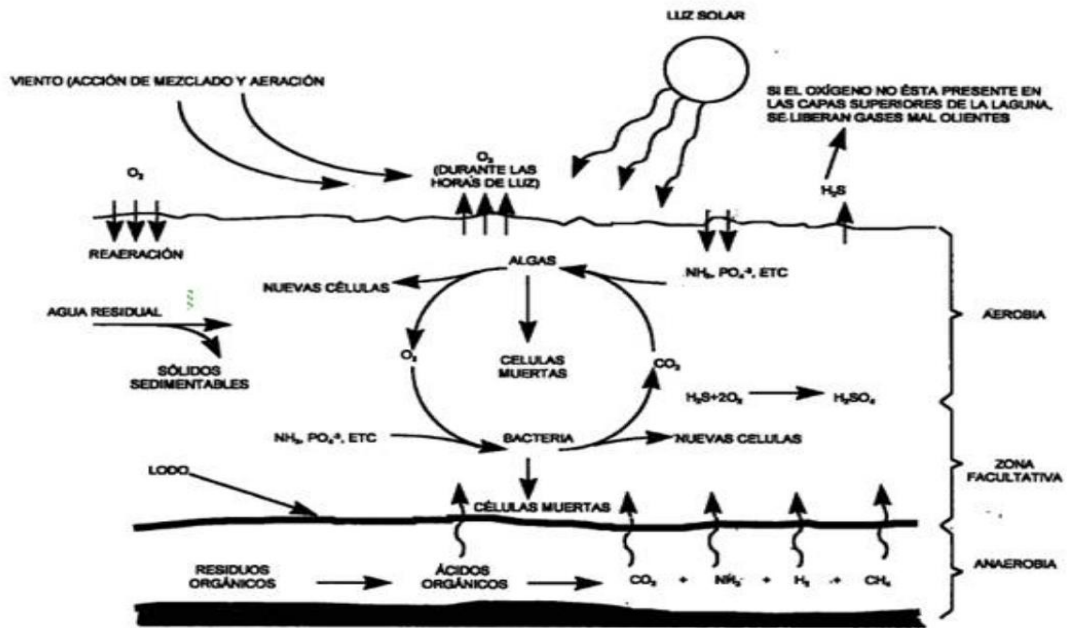


Figura 9. Croquis de Laguna facultativa primaria - reacción bioquímica simplificada de la fotosíntesis.

I.6. Definición de términos básicos.

Geotextiles tejidos: Las fibras se orientan en dos direcciones.

Geotextiles no tejidos: Las fibras que conforman el geotextil están dispuestos en forma aleatoria.

Geomembranas: son láminas geo sintéticas que aseguran la estanquidad de un área. Normalmente se usan para rectificar las pérdidas de agua por filtración o para soslayar el traslado de los contaminantes al suelo.

I.7. Formulación de la hipótesis

I.7.1. Hipótesis general

✓ Hay una regla correcta de delineación y disposición de geotextiles y geomembranas como por función y por grosor, comparativamente en plantas de tratamiento de aguas residuales que es factible la impermeabilización eficaz y transcurso constructivo óptimo.

I.7.2. Hipótesis específicas

✓ La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales usando Sistema de impermeabilidad (geotextil - geomembrana), efectuará con las cuantificaciones del Aseguramiento de la Calidad.

✓ Las cualidades mecánicas del suelo de fundación guardarán incidencia en la delineación de geotextiles y geomembranas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

✓ Con el sistema de tratamiento óptimo de aguas residuales y la construcción de plantas de tratamientos. Conseguirán ser viables e importantes en la región y examinando así el impacto ambiental.

✓ El sistema de impermeabilidad (geotextil - geomembrana), admitirá obtener unas mejorías técnicamente hablando, en plantas de tratamiento de aguas residuales.

II. Material y Métodos

II.1. Material:

II.1.1. De consumo

Tabla 4 *Material de Consumo*

RECURSOS DE CONSUMO		
Descripción	Cantidad	Unidad de Medida
Papel Bond A4	5	Millar
Tóner	1	Unidad
Tinta Color	1	Unidad
CD	12	Unidad
Porta CD	12	Unidad
Lapiceros	2	Unidad
Lápiz	1	Unidad
Borrador	1	Unidad
Corrector	1	Unidad
Folder Manila	12	Unidad

Nota: Elaboración propia

II.1.2. De Inversión

Tabla 5 *Material de Inversión*

RECURSOS DE INVERSION		
Descripción	Cantidad	Unidad de Medida
Laptop	1	Unidad
Impresora Láser	1	Unidad
Impresora de tinta	1	Unidad
PC de escritorio	1	Unidad
Memoria USB 8 GB	1	Unidad

Nota: Elaboración propia

II.1.3. Servicios.

Tabla 6 *Material de Servicio*

SERVICIO				
Ítems	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Costo total
16	Internet	3	120	360
17	Fotocopiado	400	0.1	40
18	Servicio de Luz	3	50	150
19	Movilidad	150	5	750
20	Empastado	4	55	220
SUB TOTAL S/.				1520.000
TOTAL S/.				6555.000

Nota: Elaboración propia

II.2. Material de estudio.

II.2.1. Población.

Según el XI Censo de Población y VI de Vivienda del 2007, el distrito de Los Baños del Inca tuvo una Población de 34 749 habitantes; de los cuales, el 49.43% eran varones, aproximadamente, 17 175 habitantes y el 50.57% mujeres alcanzando la suma de 17 574 habitantes. Actualmente, el distrito cuenta con una población de 42 753 habitantes. De los cuales 21 034 (49.2%) son varones y 21 718 (50.8%) mujeres. Si lo analizamos desde el punto de vista de asentamiento de la población, en el ámbito urbano se concentra el 34.90%, equivalente a 14 920 habitantes, de los cuales 7 200 son varones y 7 720 son mujeres. En el ámbito rural se asienta el 65.10% con un total de 27 832 habitantes; de los cuales 13 276 son varones y 14 556 mujeres. Tales cantidades se acrecentarán al 2021 obteniendo, aproximadamente, un total de 46702 habitantes a nivel distrital y al 2030 un total de 51275 habitantes.

Tasa de Crecimiento Anual

La población del distrito de Los Baños del Inca tendrá un incremento de población decreciente en los años que vendrán, como se evidencia en la comparación del Censo 2007 y las proyecciones con las tasas de crecimiento entre 2 013 de 1.8%, al 2 015 de 1.7%, al 2 021 se estima que tendrá una tasa de 1.3%.

II.2.2. Muestra.

La muestra de la población será toda la población urbana de la ciudad de Baños del Inca.

II.3. Técnicas, Procedimientos e Instrumentos.

a) Recopilación de la información:

Se entiende por reunir, evaluar y analizar los documentos, se analizó el proceso constructivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Baños del Inca y Anexos, y especialmente el transcurso de colocación de los geosintéticos como son las geomembranas, además comprobando la calidad del producto suministrado.

b) Trabajos de campo

se realizarán visitas de campo al lugar del proyecto, se materializarán entrevistas tanto al personal técnico y profesional de la contratista, para que nos proporcionen datos que se necesita para la aplicación de las geo membranas; también se analizará con más minuciosidad el procedimiento de la construcción, sistemas de la instalación de las geo membranas y los equipos, maquinarias que se requieren para los procesos y otros.

c) Fase de laboratorio y gabinete

A lo largo de todo el proceso constructivo del proyecto, se reunirá datos experimentales para luego analizarlos y hacerlos parte de la investigación. De esta manera hacer el diseño correcto de las geo membranas.

III. Resultados y Discusión

III.1. Metodología de diseño de los geotextiles y geomembranas en la planta de tratamiento de aguas residuales de Baños del Inca.

III.1.1. Ubicación del área de estudio

La localidad de Baños del Inca es la Capital del Distrito del mismo nombre, Provincia de Cajamarca, Región de Cajamarca.

Está enmarcado entre las coordenadas UTM Datum WGS84, zona 17.

Vértice 01	779,649.30 Este	9,206,568.50 Norte
Vértice 02	779,749.30 Este	9,206,568.50 Norte
Vértice 03	779,749.30 Este	9,206,468.50 Norte
Vértice 04	779,649.30 Este	9,206,468.50 Norte

Los límites del Distrito son los siguientes:

El Norte :	Distrito de Encañada
El Sur :	Distrito de Llacanora
El Este :	Distrito de Encañada
El Oeste :	Distrito de Cajamarca

La ciudad de Los Baños del Inca presenta una topografía plana, con pendientes que van desde los 0° hasta los 5° con dirección Norte - Sur. Tiene como agente morfológico básico el valle de los ríos Mashcón y Chonta, los mismos que a partir de su confluencia dan origen al río Cajamarca.

III.1.2. Vías de acceso

A la localidad de los Baños del Inca se puede acceder por:

Vía terrestre Lima – Cajamarca (14 horas)

Vía aérea Lima – Cajamarca (1 hora)

Vía terrestre Cajamarca – Baños del Inca (15 minutos)

Distancia aproximada Lima-Cajamarca (856 Km.)

Distancia aproximada Cajamarca – Baños del Inca (6 Km.)

INFORMACION GENERAL CODIGO - UBIGEO

DEPARTAMENTO	06 CAJAMARCA
PROVINCIA	01 CAJAMARCA
DISTRITO	08 LOS BAÑOS DEL INCA
FECHA DE CREACIÓN	07 SETIEMBRE 1959
LEY DE CREACIÓN	13251
ALTITUD	2670 msnm
LATITUD	07°09'42"
LONGITUD	78°27'48"
SUPERFICIE	276.4 km ²

Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Distrito de Baños del Inca

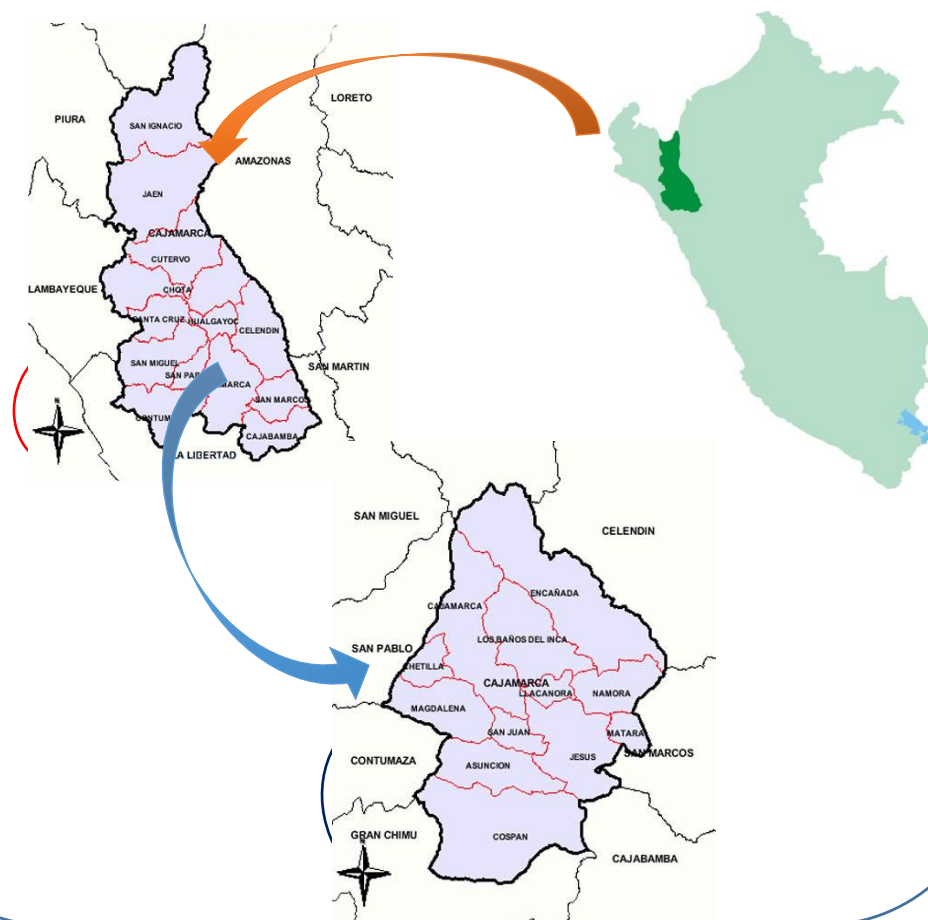


Figura 10. Mapa de ubicación Departamental, Provincial y Distrital del Proyecto.

III.1.3. Altitud de la zona

El Área de estudio se encuentra a la misma altura que la ciudad de Baños del Inca alrededor de los 2663 msnm.

III.1.4. Condiciones climáticas

El clima en Los Baños del Inca es cálido y templado. En invierno hay mucho menos lluvia que en verano. La temperatura media anual se encuentra a 13.4 °C y La precipitación es de 734 mm al año. (M. D. D. B. 2017)

El clima generalizado es templado primaveral, con intenso brillo solar, con precipitaciones intensas entre los meses de enero a marzo, las ocurrencias de lluvias tienen las siguientes temporadas:

Temporada de Lluvia: Diciembre a abril

Temporada de Estiaje: Mayo a noviembre

Transición climática: Abril, setiembre y octubre.

La Humedad Relativa promedio anual en la ciudad de Los Baños del Inca varía entre 58% y 78% aproximadamente, con un promedio anual de 68.5%. Los meses de menor humedad son Julio, Agosto y Setiembre, incrementándose en el resto del año. (M. D. D. B. 2017)

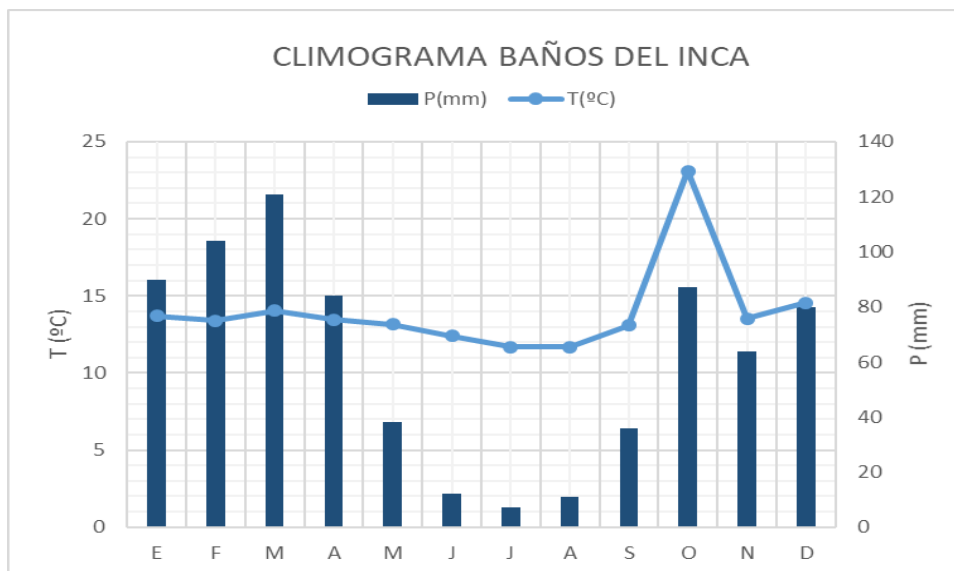


Figura 11. Climograma de Baños del Inca.

Nota: SENAMHI, Estación Weberbauer - Datos 2015

El mes más seco es julio, con 7 mm de precipitación, mientras que la caída

media en marzo es de 121 mm, El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año. (M. D. D. B. 2017)

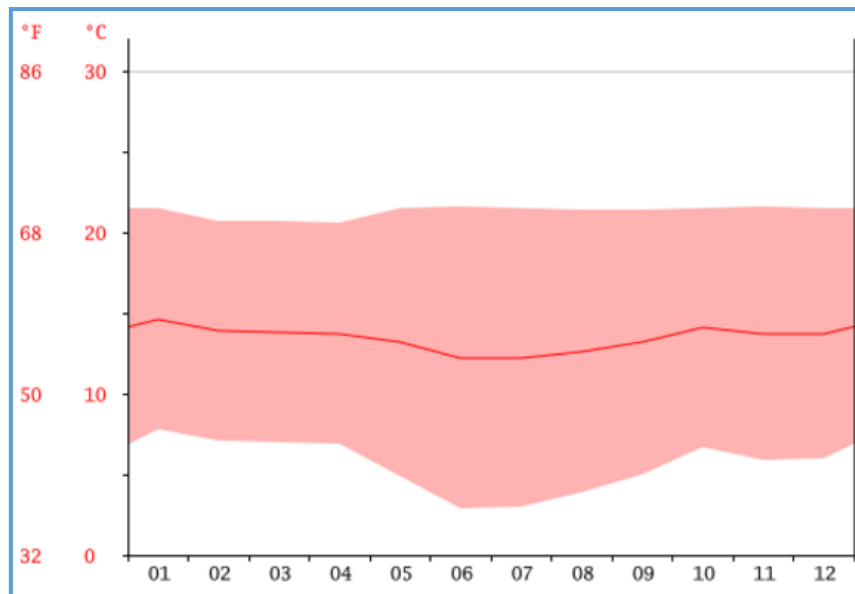


Figura 12. Diagrama de Temperatura.

Nota: SENAMHI, Estación Weberbauer-Datos 2015

El mes más caluroso del año con un promedio de 14.6 °C es enero. El mes más frío del año es de 12.2 °C en el mes de junio. (M. D. D. B. 2017)

Tabla 7 *Tabla Climática.*

MES	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
mm	90	104.00	121.00	84.00	38.00	12.00	7.00	11.00	36.00	87.00	64.00	80.00
°C	13.69	13.38	14.06	13.48	13.15	12.42	11.70	11.70	13.09	23.09	13.53	14.55
°C (min)	10.27	9.29	10.73	9.64	9.08	7.49	6.07	6.07	7.64	17.27	8.88	10.16
°C (max)	17.11	17.48	17.39	17.32	17.21	17.34	17.32	17.32	18.53	28.92	18.18	18.95

Nota: SENAMHI, Estación Weberbauer-Datos 2015

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 114 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 2.4°C. (M. D. D. B. 2017)

III.1.5. Características geológicas.

III.1.6. Geología

El distrito de Los Baños del Inca presenta una topografía plana, con

pendientes que van desde los 0° hasta los 5° con dirección Norte - Sur. Tiene como agente morfológico básico el valle de los ríos Mashcón y Chonta, los mismos que a partir de su confluencia dan origen al río Cajamarca. La superficie total del área urbana al presente año es de 343.19 Has. (M. D. D. B. 2017)

Similares relieves presentan las localidades de Tartar Grande y Shaullo Chico, mientras que las localidades de Tartar Chico, Puyllucana y Cerrillo su topografía presenta una mayor pendiente, aunque no pronunciada. (M. D. D. B. 2017)

III.1.7. Geomorfología

Geológicamente en el distrito de Los Baños del Inca y su entorno inmediato se distinguen dos grandes zonas litológicas y una reciente:

- **Rocas Sedimentarias**

Este tipo de rocas se encuentran en un rango cronoestratigráfico comprendido entre el cretáceo inferior y cretáceo superior. Está compuesta por una secuencia consistente de areniscas y cuarcitas con intercalaciones de horizontes lutáceos y calcáreos delgados, denotando fases intermitentes de la cuenca geosinclinal. (M. D. D. B. 2017)

- **Depósitos Cuaternarios**

Este tipo de depósito es la base de cimentación de la ciudad de Los Baños del Inca y es la litología de mayor presencia, cubriendo aproximadamente el 85% del área de estudio. Este tipo de formación se localiza al Noroeste, Oeste, Suroeste y Sur de la ciudad. (M. D. D. B. 2017)

Presenta una secuencia estratigráfica intercalada entre estratos de arcillas, arcillas limosas, arcillas arenosas inorgánicas con estratos y/o lentes de gravas, cantos rodados y arenas finas y gruesas. Toda la secuencia está generalmente recubierta por sedimentos orgánicos superficiales y en algunas zonas éstos sedimentos orgánicos se encuentran dentro de intercalaciones de sedimentos inorgánicos. La secuencia demuestra una alta influencia de facies sedimentarias lacustres con intermitencias aluvio-fluviales. (M. D. D. B. 2017)

La ciudad de Los Baños del Inca y su entorno inmediato se desarrollan básicamente sobre depósitos lagunares y fluviales, en menor proporción sobre la

formación Farrat (perímetro posterior del Base de Infantería Militar Zepita).

- **Depósitos Fluviales (Q-fl):**

Constituido por materiales que se encuentran dentro, cerca y bordeando los cauces de los ríos Mashcón y Chonta y las terrazas inmediatas a los mismos. Estos depósitos están compuestos mayormente por cantos rodados, gradando desde planares a casi esféricos; en los planares, y en los semiangulosos se encuentran erosionados sus bordes. Las geoformas de los cantos nos indican la distancia y origen de los materiales que fueron erosionados y transportados por los ríos, encontrándose en los lechos de los ríos Mahscón y Chonta cantos de rocas volcánicas traquíticas y andesíticas, calcáreos, margosos, graníticos, dioríticos, cuarzosos, lutíticos, así como cantos indiferenciados. En la periferia de la ciudad, se encuentran frecuentemente depósitos constituidos por mezclas de materiales fluviales, con depósitos aluviales, constituyendo secuencias estratigráficas complejas, también es muy común encontrar secuencias interdigitadas de éstos depósitos con materiales gravo-areno-limosos y secuencias gruesas consistentes de arcillas de hasta 2 a 3 metros de potencia, con características geotécnicas muy complejas. (M. D. D. B. 2017)

III.1.8. Estratigrafía

Formación Pariatambo (Ki-pa): Esta constituida por una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas negras bituminosas, con presencia de nódulos silíceos (chert) y dolomíticos. Suprayace concordante sobre la formación Chulec e infrayace con suave discordancia a la formación Yumagual. Esta formación se presenta al Norte del centro poblado Puyllucana. (M. D. D. B. 2017)

Formación Chulec (Ki-chu): Presenta una secuencia de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas nodulosas, con calizas frescas gris parduscas algo azuladas, y de color crema amarillento cuando están intemperizadas. Cronológicamente se ubica entre el Albiano inferior a medio. Este tipo de formación se presenta al Noreste de la ciudad comprometiendo el centro poblado Puyllucana. (M. D. D. B. 2017)

Formación Inca (Ki-in): Compuesta por areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, que por alteración físico-química presenta

coloraciones rojizas a anaranjadas. Se ubica cronológicamente en el Aptiano superior - Albiano inferior. Esta formación se presenta al Noreste de la ciudad comprometiendo el centro poblado La Retama y la zona inmediata al mismo. (M. D. D. B. 2017)

Formación Farrat (Ki-f): Compuesta por areniscas blancas de grano medio a grueso, presenta en algunos sectores estratificación cruzada y marcas de oleaje, confundiéndose con la formación Chimú. Estructuralmente suprayace a la formación Carhuaz y subyace similarmente a la formación Inca con tendencia gradual. Se ubica cronológicamente en el Cretáceo inferior. Esta formación se presenta puntualmente al Este de la ciudad entre las formaciones Inca y Carhuaz inmediata a la quebrada Mayopata; al Sur de la ciudad perímetro posterior del Base de Infantería Militar Zepita entre los canales Remonta 1 y 2; y al Sureste en las estribaciones del cerro Callacpoma. (M. D. D. B. 2017)

III.1.9. Características Hidrológicas

Los principales componentes hidrográficos que inciden en la ciudad de Los Baños del Inca son los ríos Chonta y Mashcón afluentes del río Cajamarca; y las quebradas Mayopata y Tingo Mayo. (M. D. D. B. 2017)

- **Río Mashcón**

El río Mashcón está formado por la confluencia de los ríos Shultin y Río Porcón, sus principales tributarios son los ríos Shultin y San Lucas.

Presenta una superficie de cuenca aproximada de 270.07 Km². Su cauce principal recorre una longitud aproximada de 21.05 Km. con dirección Oeste – Este en el distrito de Cajamarca, cambiando de dirección Norte – Sur en el límite distrital de Cajamarca y Los Baños del Inca. Presenta un régimen irregular, aumentando su caudal en los meses de lluvias y descendiendo considerablemente en los meses de estiaje. (M. D. D. B. 2017)

El río Mashcón junto con el río Chonta conforman el río Cajamarca el mismo que presenta una superficie aproximada de 1,549 Has. y un volumen hídrico anual de 10,627 m³. (M. D. D. B. 2017)

- **Río Chonta**

El río Chonta discurre por el valle en dirección Norte - Sur, atravesando la parte baja de la ciudad de Los Baños del Inca. Sus principales tributarios son los ríos Yanatotora y Azufre. Presenta una superficie de cuenca aproximada de 339.60 Km² su cauce principal recorre una longitud aproximada de 36.22 Km. (M. D. D. B. 2017)

El Estudio Mapa de Peligros de Los Baños del Inca – INDECI, ha estimado un caudal promedio máximo de 105.7 m³/s. con una tasa de retorno de 30 años, por ser un colector primario de drenaje. Se ha tomado como punto de descarga la zona que no cuenta con muro de contención. (M. D. D. B. 2017)

El río Chonta es la principal fuente de agua para irrigar la zona agrícola del entorno a través de un sistema de riego conformado por los canales Remonta I, Remonta II, Huayrapongo y otros catorce canales de regadío. (M. D. D. B. 2017)

Presenta acumulación de sedimentos a lo largo de todo su cauce, debido a la extracción de agregados que se produce principalmente aguas arriba del canal Huayrapongo y aguas abajo de la Nueva Lotización Huayrapongo. (M. D. D. B. 2017)

Uno de los principales problemas que afecta al río es la descarga de colectores de aguas servidas proveniente de la zona urbana, sin ningún tipo de tratamiento; generando una grave repercusión ambiental. (M. D. D. B. 2017)

- **Quebrada Tingo Mayo**

La quebrada Seca Tingo Mayo es de tipo estacional y atraviesa la ciudad con dirección Este - Oeste. En su recorrido, bordea la Urb. Laguna Seca y atraviesa el área central de la ciudad. Presenta un área de drenaje aproximado de 4.27 km², calculados desde la divisoria de aguas hasta la intersección con la Av. Los Eucaliptos. (M. D. D. B. 2017)

El Estudio Mapa de Peligros de Cajamarca – INDECI, ha estimado un caudal promedio máximo de 2. 610m³/s. con una tasa de retorno de 30 años, tomándose como punto de descarga el cruce de la quebrada con el Jr. Toparpa. (M. D. D. B. 2017)

Presenta una sección natural promedio de 3.35 m. ancho y 1.60 m. de profundidad. Se encuentra canalizada desde su intersección con el Jr. Huiracocha,

hasta su desembocadura en el río Chonta con una sección de canalización promedio de 2.20 m. de ancho y 1.40 m. de profundidad. (M. D. D. B. 2017)

En su curso superior se presenta un proceso erosivo, socavando el lecho del río, desestabilizando sus taludes laterales y profundizando su cauce, en algunos tramos del curso superior se ha construido cercos vivos con árboles de eucalipto para estabilizar sus taludes. (M. D. D. B. 2017)

En su recorrido recibe las aguas pluviales de la ciudad (intersección del Jr. Sinchi Roca con los Jirones Yahuarhuaca e Inca Roca), las aguas de la acequia que discurre de Norte a Sur desde la prolongación de la Av. Manco Capac inmediata al sector La Esperanza y las aguas de dos quebradas paralelas que drenan aguas de lluvia y aguas termales (sector El Tragadero). (M. D. D. B. 2017)

Al atravesar el área urbana es utilizada como colector de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento; otro problema que se presenta es el arrojo indiscriminado de residuos sólidos, generando la colmatación de su cauce y la contaminación de los medios. (M. D. D. B. 2017)

En épocas de lluvias los tramos que presentan mayor probabilidad de inundación por desborde, debido a un inadecuado diseño hidráulico y a la acumulación de residuos sólidos son:

- Cruce de la quebrada con el Pasaje Toparpa.
- Cruce de la quebrada con la Av. Los Eucaliptos.
- Cruce de la quebrada con la Calle Las Arenas altura de la prolongación Yahuarhuaca.

- **Quebrada Mayopata.**

La quebrada Mayopata es de tipo estacional, cruza la ciudad de Oeste a Este; bordea las Urbs. Esperanza Baja, Colinas Victoria, Ferreyros y atraviesa el área central de la ciudad. Presenta un área de drenaje aproximado de 1.92 km², calculados desde la divisoria de aguas hasta la intersección con el Jr. La Libertad y el canal de regadío Remonta II. Su cauce principal recorre una longitud aproximada de 2.43 Km. (M. D. D. B. 2017)

El Estudio Mapa de Peligros de Cajamarca – INDECI, ha estimado un caudal promedio máximo de 12.18m³/s. con una tasa de retorno de 30 años, tomándose como punto de descarga el cruce de la quebrada con el Jr. La Libertad. (M. D. D. B. 2017)

En su curso superior hasta la intersección con el Jr. La Libertad se presenta un proceso erosivo, socavando el lecho del río y desestabilizando sus taludes laterales, ocasionando asentamientos y deslizamientos hacia su propio cauce; de igual forma la quebrada tributaria que discurre por la prolongación Manco Capac presenta problemas de erosión lateral desde las afueras de la ciudad hasta la entrega con la quebrada en el Jr. La Libertad. (M. D. D. B. 2017)

En la intersección de la quebrada con el Jr. La Libertad se presenta un cambio de curso y la reducción de la sección del cauce por acumulación de residuos sólidos y de material arcilloso-granular. (M. D. D. B. 2017)

En épocas de lluvias el cruce de la quebrada con las calles Jr. Libertad y Prolongación Manco Capac, y el canal Remonta II; se presenta la mayor probabilidad de inundación por desborde, debido a un inadecuado diseño hidráulico y a la acumulación de residuos sólidos; comprometiendo la zona inmediata a los Jirones Libertad, Prolongación Manco Capac, Pachacutec y parte del área central de la ciudad. (M. D. D. B. 2017)

III.1.10. Características de las Aguas Residuales

La infraestructura de alcantarillado en el ámbito del Distrito de Los Baños del Inca, tanto zona urbana es deficiente; la existencia de una infraestructura con más de 40 años de antigüedad, resulta insuficiente, brindar una adecuada atención a la población, sumándose a ello la falta de equipos y herramientas que coadyuven a una buena labor de operatividad y mantenimiento, poniendo en riesgo la salud de la población, de los trabajadores y sus familias. (M. D. D. B. 2017)

Existen zonas que cuentan con sistemas de Alcantarillado que no son administrados por SEAPABI- MDBI, esto es el caso de Otuzco, Tartar Chico, Baños Punta, carretera a Llacanora, La Retama y Huayrapongo, Shaullo Chico; Tartar Grande; pero que el mantenimiento está a cargo de SEAPABI. (M. D. D. B. 2017)

Los colectores principales de desagüe son tuberías de concreto de 8" y de 6" pulgadas, y abarca toda la Avenida Manco Capac y Prolongación Manco Capac, el Jirón Yahuarhuaca y Prolongación Yahuarhuaca, el Jirón el Sol, la Prolongación Mayta Capac, todo el Centro de la Ciudad, Urbanización Hurtado Miller, Prolongación Pachacutec, alrededores del Centro de Salud que comprenden los jirones Pachacutec, Tupac Inca Yupanqui, Huayna Capac y Huascar. (M. D. D. B. 2017)

El vertimiento de las aguas residuales va directamente al río Chonta, generando una severa contaminación al medio ambiente y actualmente está en un estado crítico. En el siguiente cuadro se presenta el número de vertimientos y sus caudales. (M. D. D. B. 2017)

Tabla 8 *Vertimiento de las Aguas Residuales.*

Nº	VERTEDEROS	COORDENADAS UTM		CAUDAL PROMEDIO DIARIO - Lt/seg	TEMPERATURA PROMEDIO DIARIO
		ESTE	NORTE		
1	VERTIMIENTO Nº 01	794310,59	9207363	30	25°C
2	VERTIMIENTO Nº 02	794339,97	9207328,22	10	5°C
3	VERTIMIENTO Nº 03	794336,95	9207306,92	15	43°C
4	VERTIMIENTO Nº 04	794339,72	9207271,86	20	35°C
5	VERTIMIENTO Nº 05	794356,65	9207209,8	25	34,7°C
6	VERTIMIENTO Nº 06	794376,65	9207145,8	10	36°C
7	VERTIMIENTO Nº 07	794377,07	9207087,85	8	7°C
8	VERTIMIENTO Nº 08	794176,79	9207246,22	25	22°C

Nota: Unidad de Servicios de Saneamiento-MDBI-Año 2016.

III.1.11. Diseño de geomembranas

III.1.11.1. Diseño por espesor

Con las características del área proyecto de investigación se solicita diseñar una geo membrana lisa HDPE de polietileno de alta densidad, que se instalará en un sistema de impermeabilización de una laguna de estabilización de aguas residuales de una altura de 4.50 m y con un peso específico de 22.50 kiloNewtons por metro cubico. Las áreas laterales la conforman taludes cuya relación es de 1 horizontal:2.5 Vertical. En la parte baja se colocará un geotextil no tejido para resguardar la geo membrana de las potenciales averías en el proceso constructivo.

Se utilizará arena como material de cobertura en un e=30 cm y como relleno para la zanja de anclaje; este material posee un ángulo de fricción interna de 30° y

un peso específico de 18 kiloNewtons por metro cubico.

Solución

Diseño por espesor

$$t = \frac{sn \times (\tan dU + \tan dL)}{sadm (\cos b - \text{sen } b \tan dL)} \dots\dots\dots(02)$$

Donde:

- b : 68.20°
- sn : 4.5 x 22.5 Kn/m3 = 101.25 Kn/m2
- dU : 30° (geomembrana lisa en conjunto con la arena)
- dL : 8°
- x : 50 mm
- sadm : 15000 kPa

Obtenemos:

$$t = \frac{101.25(0.05) (\tan 30^\circ + \tan 8^\circ)}{15000(\cos 68.20^\circ - (\text{sen } 68.20^\circ) (\tan 8^\circ))}$$

$$t = \frac{3.63}{3613.16}$$

$$t = 1.005 \times 10^{-3} = 1.01 \text{ mm}$$

Entonces:

$$F.S. = \frac{t \text{ instalado}}{t \text{ requerido}}$$

t instalado

$$F.S. = \frac{\dots}{\dots} = 1.49 > 1.0 \text{ (OK)}$$

t requerido

III.1.11.2. Estabilidad de la cobertura del relleno

$$(W \cos b) \tan dU (L) + Tadm$$

$$F.S. = \frac{\dots}{\dots}$$

$$W \sin b (L)$$

Donde:

$$W = (18 \times 0.50 \times 1) = 9 \text{ kN/m}$$

$$b = 68.20^\circ$$

$$dU = 30^\circ \text{ (la geomembrana es lisa en conjunto con la arena)}$$

$$L = \text{Longitud de inclinación}$$

$$Tadm = \text{sadm } t = 15000 (0.0015)$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$(9 \cos 68.20) \tan 30 (L) + (15000) (0.0015)$$

$$F.S. = \frac{\dots}{\dots}$$

$$9 \sin 68.20 (L)$$

$$1.93L + 22.5$$

$$F.S. = \frac{\dots}{\dots}$$

$$8.35L$$

Asumiendo diferentes valores para la longitud de inclinación se obtienen diferentes resultados en el FS.

Tabla 9 *Resultados en el FS*

L (m)	FS
4.00	0.90
6.00	0.68
8.00	0.57
10.00	0.50
12.00	0.37
30.00	0.32

Nota: Elaboración Propia

Por consiguiente, la distancia de inclinación máxima corresponderá ser de 4.0

m para obtener un factor de seguridad óptimo.

III.1.11.3. Diseño de la longitud y zanja de anclaje

$$F.S. = \frac{\text{sn LRO} (\tan dU + \tan dL) - PA + PP}{\cos b - \text{sen } b \tan dL}$$

$$PA = (0.5 gAT \quad dAT + \text{sn}) KA \quad dAT$$

$$PP = (0.5 gAT \quad dAT + \text{sn}) KP \quad dAT$$

Donde:

$$gAT = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{sn} = (18 \text{ kNm}^3) (0.30 \text{ m}) = 5.4 \text{ Kn/m}^2$$

$$f = \text{Ángulo de fricción del afirmado arena} = 30^\circ$$

$$KA = \tan^2(21.80 - f/2) = \tan^2(21.80 - 30/2) = 0.014$$

$$KP = \tan^2(21.80 + f/2) = \tan^2(21.80 + 30/2) = 0.56$$

$$du = 30^\circ \text{ (la geomembrana es lisa en conjunto con la arena)}$$

$$dL = 8^\circ \text{ (geotextil no tejido y una geomembrana lisa)}$$

$$b = 21.80^\circ$$

$$Tadm = \text{sadm } t = 15000 (0.0015)$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$(5.4)(LRO)(\tan 30 + \tan 8) - ((0.5)(18)Dat + 5.4)(0.014)Dat + ((0.5)(18)Dat + 5.4)(0.56)Dat$$

$$F.S. = \frac{\dots}{\dots}$$

$$(\cos 68.20) - (\text{sen } 68.20) (\tan 8)$$

$$3.88(LRO) - 0.13dAT - 0.08 \text{ dAT }^2 + 3.024 \text{ dAT}$$

$$22.5 = \frac{\dots}{\dots}$$

$$0.2409$$

$$5.42 = 3.88(LRO) + 4.91 \text{ dAT }^2 + 2.944 \text{ dAT}$$

Por lo que finalmente queda una ecuación con dos incógnitas:

$$LRO = \text{Longitud de desarrollo}$$

dAT = Profundidad de la zanja de anclaje

Asumiendo una de ellas se encuentra la otra. Tomando LRO = 0.6 m, se substituye en la ecuación se tiene una cuadrática:

$$4.91 \text{ dAT}^2 + 2.94 \text{ dAT} - 3.09 = 0$$

Resolviendo para dAT = 0.548 m

Se recomienda que dAT sea ≥ 0.49 m por razones constructivas.

Por lo tanto, dAT = 0.50 m.

III.1.11.4. Chequeo por supervivencia

Tabla 10 Resumen del diseño por espesor de la geomembrana

CUADRO RESUMEN DE DISEÑO				
Elemento	DIMENSIONES			CARACTERISTICAS
	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	
GEOTEXTIL	160.00	4.00	1.50	NT 1600
GEOMEMBRANA	150.00	4.00	1.50	HDPE
ZANJA DE ANCLAJE		0.50	0.50	

Nota: Elaboración Propia

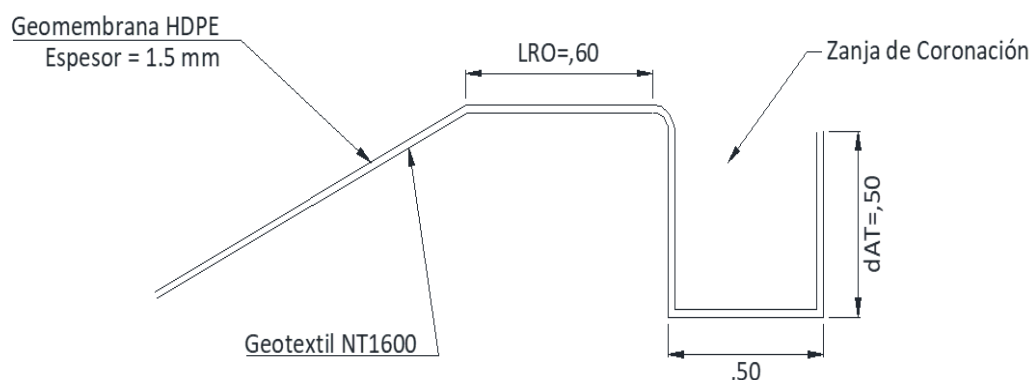


Figura 13. Dimensionamiento Longitud desarrollo y Zanja de anclaje.

III.2. Aplicación del diseño proceso constructivo

El procedimiento es lo siguiente:

III.2.1. Preparación de la superficie:

III.2.1.1. Aspectos prácticos de construcción de lagunas de estabilización

El diseño no consiste solamente en fijar el área y la altura si no, tambien en resolver una variedad de detalles de construcción y especificaciones que asegurarán la puesta en marcha y estabilidad óptimo del proyecto a lo largo de su vida útil.

III.2.1.2. Movimiento de tierras

Debe hacerse una compensación adicional por la expansión durante la excavación y la reducción durante la compactación. (IGS Perú, 2010)



Figura 14. Excavación de las lagunas primaria

El procedimiento de trabajo se muestra en la fotografía 70, los taludes son afinados a mano o mecánicamente por medio de una excavadora o motoniveladora.



Figura 15. Perfilado y compactado de los taludes



Figura 16. Compactado de fondo de laguna.

III.2.2. Pruebas de control:

III.2.2.1. Pruebas de compactación de suelos:



Figura 17. Control de densidad de campo en fondo de laguna.

III.2.3. Impermeabilización de fondo de laguna



Figura 18. Revestimiento de una laguna de estabilización con polietileno

IV. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. Con la metodología de diseño por función en geotextiles y por espesor en geomembranas se logra la correcta aplicación y el procedimiento de diseño en plantas de tratamiento de aguas residuales. En la tabla N° 39 se muestra el diseño adecuado para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Baños del Inca.
2. Durante la construcción de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, se respetaran los estándares, ASTM, normas y procedimientos de control de calidad, tanto en movimiento de suelos como en geosintéticos, que permitan garantizar la calidad de los trabajos. Estas incluyen muestras en materiales, muestras en soldaduras de fusión y extrusión (elongamiento y rotura) y pruebas de estanqueidad final.

Recomendaciones

1. Se recomienda el estudio de suelos muy especializado para determinar las propiedades geotécnicas de los materiales y de la composición química para conformación de los terraplenes y fondo de laguna y así garantizar la estabilidad de los taludes tanto los ejes y la corona del talud.
2. se recomienda antes de la impermeabilización de lagunas de una planta de tratamiento para los geotextiles realizar los ensayos necesarios para cumplir dicha función lo cual nos conllevara para su aplicación pueda ser sostenible nuestro diseño.
3. Antes de las instalaciones se deben realizar las pruebas de control de densidad de campo para determinar el grado de compactación de dicha base y así garantizar un buen terreno de fundación.
4. Es importante tener una perspectiva del comportamiento in situ de los geosintéticos de uso en construcción, pues las condiciones naturales del medio donde se implementa una estructura o proyecto de ingeniería, siempre tienden a prevalecer sobre las condiciones ideales con las que generalmente diseñamos, por lo que también se hace realmente importante, seguir la normativa de diseño para los diferentes casos, la cual establece, factores de seguridad que nos proveen un margen de error para mitigar sucesos extraordinarios.
5. Los diseños que se desarrollan, requieren de un análisis previo, de las condiciones físicas y externas del proyecto en plan de desarrollo, luego de esto se plantean las posibles soluciones con el geosintético requerido y se procede a desarrollar la propuesta de diseño, ya que puede ser alterado por distintas condiciones como el estado del clima a la hora de ejecución en obra, etc.

V. Referencias bibliográficas

JIMENEZ FERNANDEZ, LEONARDO ALFONSO (2006), Los Geosintéticos como solución a la estabilidad de taludes.

JONES, (1996), Primeras geogrillas para la estabilización de terraplenes en Japón.

LEON SUEMATSU, G. (2009), Curso "Diseño y Operación de Lagunas de Estabilización", La Paz — Bolivia.

MACAFERRI, (2008). Manual De Diseño Geosintéticos, Manual Técnico, Lima — Perú.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE BAÑOS DEL INCA (2017). "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LA LOCALIDAD DE BAÑOS DEL INCA Y ANEXOS, DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA-CAJAMARCA".

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, (2001). Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2001), Lima - Perú.

MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, (2011). Octava Edición, Departamento De Ingeniería, Bogotá D.C. — Colombia.

MARTÍNEZ BACAS, A. (2009). "Comportamiento Resistente Al Deslizamiento De Geosintéticos", Santander.

PAÚL CHANCASANAMPA PACHECO, (2013). "DISEÑO Y APLICACIÓN DE GEOTEXILES Y GEOMEMBRANAS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES" – Huancayo - Perú

SANTOS NOGALES, S Y QUISPE ARICOMA, D (2009). material de apoyo didáctico de "Diseño Y Métodos Constructivos De Sistemas De Alcantarillado Y Evacuación De Aguas Residuales" para la materia de ingeniería sanitaria 11, Cochabamba — Bolivia.

SÁENZ FORERO, R. (2008). Predicción De La Calidad Del Efluente De Lagunas De Estabilización. CEPIS, lima — Perú.

VARA HORNA, A. (2008). "El Proyecto de tesis", Tomo I, Tomo II, Lima - Perú.

VI. Anexos
