



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

Departamento de Ingeniería Civil

Proyecto Final N° 60

**CÁLCULO Y DISEÑO PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO
DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES**

ALUMNA: GUERRA, EVELINA T.

DIRECTOR TÉCNICO: ARMAS, ALBERTO E.

ASESORES TÉCNICOS: PLAGIANO, ADRIÁN

MAGGIONI, FLAVIANO

DIRECTOR ACADÉMICO: ALBERDI, CARLOS

SEPTIEMBRE DE 2017



AGRADECIMIENTOS

Al Director Técnico del proyecto, Ing. Alberto Armas, por su compromiso y dedicación en la ejecución de este proyecto.

A los Asesores Técnicos, Adrián Pagliano y Flaviano Maggioni, por su generosidad y por responder siempre mis consultas.

Al Director Académico, Ing. Carlos Alberdi, que me guió y aconsejó en todo momento para poder concretar este proyecto.

A la Mgtr. Mara Papa, por su apoyo constante durante toda mi carrera y sobre todo en estos últimos años.

A todos los docentes que he tenido durante toda mi carrera académica en esta prestigiosa institución, que aportaron cada uno su granito de arena.

A mis pilares, mi esposo y mis hijos, gracias por la paciencia, el apoyo constante, el amor y la comprensión que me brindaron para que pudiera concretar esta meta.

A mis padres y mis suegros que estuvieron cada vez que los necesité.

A demás familiares y amigos, que de una u otra manera colaboraron conmigo.

Evelina T. Guerra



INDICE

- 1- Introducción.
- 2- Caracterización del agua residual.
 - 2.1 Constituyentes de las aguas residuales.
 - 2.2 Contaminantes de importancia en el agua residual.
- 3- Tratamientos del agua residual.
 - 3.1 Tipos de tratamientos en aguas residuales.
 - 3.1.1 Tratamientos preliminares.
 - 3.1.2 Tratamientos primarios.
 - 3.1.3 Tratamientos secundarios.
 - 3.1.4 Tratamientos terciarios.
 - 3.2 Principales procesos biológicos utilizados en el tratamiento del agua residual.
 - 3.2.1 Descripción del proceso biológico.
 - 3.2.2 Objetivos del tratamiento biológico.
 - 3.2.3 Materia orgánica.
 - 3.2.4 Medida del contenido orgánico.
 - 3.2.5 Papel de los microorganismos.
 - 3.2.6 Microorganismos importantes en el tratamiento biológico del agua residual.
- 4- Tratamiento del agua residual por lagunaje.
 - 4.1 Definición
 - 4.2 Objetivos de las lagunas.
 - 4.3 Ventajas del uso de lagunas.
 - 4.4 Desventajas del uso de lagunas.
- 5- Clasificación de las Lagunas de estabilización.
 - 5.1 Anaeróbica
 - 5.2 Facultativa
 - 5.3 Aeróbica
- 6- Factores climáticos que afectan a las lagunas.
 - 6.1 Radiación solar.
 - 6.2 Temperatura.
 - 6.3 Viento.
 - 6.4 Evaporación.
 - 6.5 Precipitaciones.
- 7- Factores físicos.
 - 7.1 Estratificación.
 - 7.2 Flujo a través de las lagunas.
 - 7.3 Profundidad.
- 8- Factores químicos y bioquímicos.
 - 8.1 pH.
 - 8.2 Oxígeno disuelto.



- 8.3 Nutrientes.
- 9- Ubicación geográfica, clima y relieve de VT.
 - 9.1 Ubicación geográfica.
 - 9.2 Clima y relieve.
- 10- Situación actual en la localidad de V. T.
- 11- Cálculos y diseño de las lagunas.
 - 11.1 Diseño de lagunas de estabilización.
 - 11.2 Conceptos básicos de diseño.
 - 11.3 Cálculo y diseño del cuarto módulo.
 - 11.3.1 Laguna anaeróbica.
 - 11.3.2 Laguna facultativa.
 - 11.3.3 Laguna aeróbica.
- 12- Construcción de las lagunas.
 - 12.1 Selección del sitio.
 - 12.2 Forma de las lagunas.
 - 12.3 Movimiento de tierras.
 - 12.4 Excavación y escarificación.
 - 12.5 Formación de terraplenes.
 - 12.6 Revestimiento.
 - 12.6.1 Impermeabilización del fondo.
 - 12.6.2 Revestimiento de taludes.
 - 12.7 Operación, mantenimiento y control.
- 13- Cálculos de las conexiones interlagunares y conducto de salida.
 - 13.1 Entrada y salida de las lagunas.
 - 13.2 Cálculo del conducto de entrada a la laguna anaeróbica.
 - 13.3 Salida y entradas de las lagunas.
 - 13.3.1 Cámara de salida.
 - 13.3.2 Conducto de salida y entrada.
 - 13.3.3 Aforador de salida.
 - 13.4 Conducto de salida de la cámara de contacto.
- 14- Cálculo de obras de H°A° en ingreso, pasarelas y vertederos.
 - 14.1 Carga de oleaje
 - 14.2 Cálculo de la presión dinámica del viento
 - 14.3 Estructura de ingreso.
 - 14.3.1 Verificación del efecto del viento producido en la estructura de ingreso
 - 14.3.2 Dimensionamiento a flexión de la viga de ingreso



- 14.3.3 Dimensionamiento de las columnas de la estructura de ingreso
- 14.3.4 Dimensionamiento de las bases de la estructura de ingreso.
- 14.4 Pasarelas
 - 14.4.1 Verificación del efecto del viento producido en la estructura de las pasarelas.
 - 14.4.2 Dimensionamiento a flexión y verificación de la torsión en vigas de las pasarelas.
 - 14.4.3 Dimensionamiento de las columnas de la estructura de las pasarelas.
 - 14.4.4 Dimensionamiento de las bases de la estructura de las pasarelas.
- 14.5 Dimensionamiento de las columnas del aforador de salida.
- 14.6 Dimensionamiento de la base de la cámara de salida.
- 14.7 Dimensionamiento de la base de la cañería de ingreso.
- 14.8 Dimensionamiento del sistema de protección para pasarelas
- 15- Cálculo de la cámara de contacto. ($H^{\circ}A^{\circ} 250 \text{ m}^3$)
 - 15.1 Introducción.
 - 15.2 Dimensionamiento de la cámara de contacto.
 - 15.3 Dimensionamiento de las columnas de la cámara de contacto.
 - 15.4 Dimensionamiento de la losa de la cámara de contacto.
 - 15.5 Mantenimiento de la velocidad de transporte.
- 16- Evaluación de Impacto Ambiental (ley 11717 – Dec 101 / Ley 11730)
 - 16.1 Introducción
 - 16.2 Alcances
 - 16.3 Identificación de los factores ambientales
 - 16.4 Medidas de mitigación de impacto ambiental.
- 17- Cómputo y presupuesto.
- 18- Estudio económico de financiación.
- 19- Planos.



Uno de los métodos existentes para tratar el agua residual son las lagunas de estabilización, preferidas actualmente por las poblaciones y gobiernos latinoamericanos debido a su alta eficiencia en la descomposición de materia orgánica, bajo costo, simplicidad de construcción y facilidad en mantenimiento y operación de las mismas, lo cual ha producido un aumento en el uso de este tipo de lagunas como alternativa válida para la descontaminación y tratamiento adecuado de los efluentes provenientes de residencias e industrias, a fin de poder alcanzar niveles de pureza adecuados para una posible reutilización o descarga, sin causar daños ambientales.

Las lagunas se han empleado para tratar aguas residuales desde hace 3,000 años. El primer tanque de estabilización artificial que se construyó fue en San Antonio, Texas, en 1901. Para 1975 se encontraban operando 7,000 lagunas en los Estados Unidos y 868 en Canadá durante 1981 (Thirumurti, 1991).

Sin embargo, a pesar de su aparente simplicidad, las lagunas de estabilización son reactores bioquímicos complejos que requieren un adecuado diseño y más que el tipo de modelo matemático que se emplea para su diseño, es necesario tomar en cuenta las condiciones ambientales que determinan su

1) INTRODUCCIÓN.

En general, las lagunas son depósitos construidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un período determinado. Constituyen un tratamiento alterno interesante ya que permiten un manejo sencillo del agua residual, la recirculación de nutrientes y la producción primaria de alimento en la cadena alimenticia. Su popularidad se debe a su simplicidad de operación, bajo costo y eficiencia energética.

La localidad de Venado Tuerto cuenta con una Planta depuradora de líquidos cloacales compuesta por un sistema modular de Lagunas de Estabilización. Actualmente, dicho sistema, cuenta con tres módulos de tres lagunas cada uno.

En este proyecto se realizará la ampliación de la Planta Depuradora, realizando el cálculo y diseño de un cuarto módulo, que también contará con tres lagunas de estabilización. Para dicho trabajo fue necesario estudiar los distintos componentes del agua residual, ya que éstos podrían afectar a la estructura. Se investigó además, cuales son los pasos a seguir en la etapa de la construcción de las lagunas para evitar inconvenientes con las napas, el suelo y las personas. Esto nos llevó a realizar una Evaluación de Impacto Ambiental.

También se realizaron los cálculos para el dimensionamiento de la estructura de ingreso, las pasarelas, los vertederos y la cámara de contacto. Para la realización de estos cálculos se tuvieron en cuenta las normas correspondientes que se detallan en cada apartado.



Uno de los métodos existentes para tratar el agua residual son las lagunas de estabilización, preferidas actualmente por las poblaciones y gobiernos latinoamericanos debido a su alta eficiencia en la descomposición de materia orgánica, bajo costo, simplicidad de construcción y facilidad en mantenimiento y operación de las mismas, lo cual ha producido un aumento en el uso de este tipo de lagunas como alternativa válida para la descontaminación y tratamiento adecuado de los efluentes provenientes de residencias e industrias, a fin de poder alcanzar niveles de pureza adecuados para una posible reutilización o descarga, sin causar daños ambientales.

Las lagunas se han empleado para tratar aguas residuales desde hace 3,000 años. El primer tanque de estabilización artificial que se construyó fue en San Antonio, Texas, en 1901. Para 1975 se encontraban operando 7,000 lagunas en los Estados Unidos y 868 en Canadá durante 1981 (Thirumurti, 1991).

Sin embargo, a pesar de su aparente simplicidad, las lagunas de estabilización son reactores bioquímicos complejos que requieren un adecuado diseño y más que el tipo de modelo matemático que se emplee para su diseño, es necesario tomar en cuenta las condiciones ambientales que determinan su forma de operación.

En general, las lagunas son depósitos construidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. Constituyen un tratamiento alterno interesante ya que permiten un manejo sencillo del agua residual, la recirculación de nutrientes y la producción primaria de alimento en la cadena alimenticia. Su popularidad se debe a su simplicidad de operación, bajo costo y eficiencia energética.

La localidad de Venado Tuerto cuenta con una Planta depuradora de líquidos cloacales compuesta por un sistema modular de Lagunas de Estabilización. Actualmente, dicho sistema, cuenta con tres módulos de tres lagunas cada uno.

En este proyecto se realizará la ampliación de la Planta Depuradora, realizando el cálculo y diseño de un cuarto módulo, que también contará con tres lagunas de estabilización. Para dicho trabajo fue necesario estudiar los distintos componentes del agua residual, ya que éstos podrían afectar a la estructura. Se investigó además, cuales son los pasos a seguir en la etapa de la construcción de las lagunas para evitar inconvenientes con las napas, el suelo y las personas. Esto nos llevó a realizar una Evaluación de Impacto Ambiental.

También se realizaron los cálculos para el dimensionamiento de la estructura de ingreso, las pasarelas, los vertederos y la cámara de contacto. Para la realización de estos cálculos se tuvieron en cuenta las normas correspondientes que se detallan en cada apartado



2-1) Constituyentes de las aguas residuales.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica.

La siguiente tabla muestra las principales propiedades físicas del agua residual, sus principales constituyentes químicos y biológicos, y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
Propiedades Físicas:	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales; degradación natural de la materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes:	
2) <u>CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL</u>	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural de la materia orgánica.
Inorgánicos:	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.



2-1) Constituyentes de las aguas residuales.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica.

La siguiente tabla muestra las principales propiedades físicas del agua residual, sus principales constituyentes químicos y biológicos, y su procedencia.

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
Propiedades Físicas	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de la materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
Constituyentes químicos	
Orgánicos:	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasas.	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural de la materia orgánica.
Inorgánicos:	
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.



		aguas de escorrentía.
	Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
	Azufre	Aguas residuales domésticas, industriales, comerciales, agua de suministro.
Gases:		
	Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
	Metano	Descomposición de residuos domésticos.
	Oxígeno	Agua de suministro, infiltración de agua superficial.
Constituyentes biológicos:		
	Animales	Cursos de agua y planta de tratamiento.
	Plantas	Cursos de agua y planta de tratamiento.
	Protistas:	
	Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua, plantas de tratamiento.
	Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua, plantas de tratamiento.
	Virus	Aguas residuales domésticas.

Tabla 2-1. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia

2-2) Contaminantes de importancia en el agua residual.

Las normas que regulan los tratamientos secundarios están basadas en las tasas de eliminación de la materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos presentes en el agua residual. Las normas exigentes incluyen el control de la eliminación de nutrientes y de los contaminantes prioritarios. Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las exigencias normativas incluyen también la eliminación de compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y, en algunos casos, sólidos inorgánicos disueltos.

Límites de Descarga de Vertidos Ley 11.220 – Res. 1089/82

- Cuerpo Receptor (tiene en cuenta la vulnerabilidad del curso receptor y los riesgos al ambiente y la salud pública)
- Dilución (tiene en cuenta la posibilidad de dilución y auto depuración del curso receptor)
- Los EFLUENTES, además de cumplir con las CONDICIONES DE VUELCO establecidas a continuación, no deberán conferir al CURSO RECEPTOR FINAL características en desacuerdo con los criterios de calidad de agua, adecuados a los diversos usos previstos para ese CURSO RECEPTOR FINAL.
- Se tiene especial cuidado a la distancia a tomas de agua para consumo (tiempo para dispersión y autodepuración)



TITULO A - DESAGÜE A COLECTORA

Límites para EFLUENTES que se vuelquen a colectora cloacal

- 1. pH : deberá estar comprendido entre 6,5 y 8,5.
- 2. ACEITES Y GRASAS: 200 mg/l.
- 3. SULFUROS: 2 mg/l.
- 4. TOTAL DE SOLIDOS SUSPENDIDOS (secado 105 °C): 500 mg/l.
- 5. DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (20 °C sin nitrificación): 300 mg/l.
- 6. DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (dicromato potasio): 375 mg/l.
- 7. FENOLES: 500 ug/l C₆H₅OH.
- 8. HIDROCARBUROS TOTALES: 100 mg/l
- 9. CIANURO: 100 ug/l.
- 10. DETERGENTES SINTETICOS: 5 mg/l.
- 11. CROMO: 200 ug/l.
- 12. CADMIO: 200 ug/l.
- 13. PLOMO: 500 ug/l.
- 14. MERCURIO: 5 ug/l.
- 15. ARSENICO: 500 ug/l.

En la siguiente tabla se muestran los contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual.



Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaeróbicas cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de los casos, en función de la DBO y de la DQO. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes prioritarios.	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos nutrientes se hallan presentes en el agua residual.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

Tabla2-2. Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual



3-1) Tipos de tratamientos en aguas residuales

3.1.1. Tratamientos preliminares

Se hacen como antecedentes a los tratamientos primarios, secundarios, o terciarios, para las aguas residuales pueden venir con desechos muy grandes y voluminosos que no pueden llegar a las plantas de tratamiento y sirven de igual manera para aumentar la eficiencia de estos procesos. Para estos procesos se utilizan las rejillas, los tamices y los microfiltros.

Las Rejillas: Con éstas se retiene todo el material grueso, su principal objetivo es retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas, válvulas, aeradores, etc. Se utilizan solamente en los desbastes previos, y sirven para que los desechos no dañen las máquinas.

Los tamices: Luego de las rejillas se colocan Tamices, con aberturas menores para remover un porcentaje más alto de sólidos, con el fin de evitar atascamiento de tuberías, filtros biológicos, con una abertura máxima de 2.5 mm. Tienen una inclinación particular que deja correr el agua y hace deslizar los desechos por fuera de la rejilla. **Es un paso importante en**

3) TRATAMIENTOS DEL AGUA RESIDUAL

Los microfiltros: son planillas giratorias plásticas o de acero por las cuales circula el agua y recogen los desechos y las basuras en su interior, los microfiltros tiene sistemas de lavado para que así puedan mantener las mallas limpias. Dependiendo de la aplicación que tengan se selecciona el tamaño de las mallas.

Desarenadores: son unidades encargadas de retener arenas, tierra y otros elementos vegetales o minerales que traigan las aguas.

3.1.2. Tratamientos primarios

En este tipo de tratamiento lo que se busca es remover los materiales que son posibles de sedimentar, usando tratamiento físicos o físico-químico. En algunos casos dejando, simplemente, las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o, en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas coagulantes (La precipitación química o coagulación es un proceso por el cual se agregan sustancias químicas para que así se de una coagulación de los desechos y poder retirar así los sólidos) que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. También se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoníaco (desorción). Las operaciones que incluye son el desbaste y desgrase, la sedimentación primaria, la filtración, neutralización y la desorción.

La sedimentación física es el proceso mediante el cual se dejan asentarse por gravedad los sólidos en suspensión en las aguas residuales. Las bacterias que crecen en este medio, junto con otros sólidos, se retiran en un tanque de sedimentación secundario y se hacen entrar de



3-1) Tipos de tratamientos en aguas residuales

3.1.1 Tratamientos preliminares

Se hacen como antecedentes a los tratamientos primarios, secundarios, o terciarios, pues las aguas residuales pueden venir con desechos muy grandes y voluminosos que no pueden llegar a las plantas de tratamiento y sirven de igual manera para aumentar la efectividad de estos procesos. Para estos procesos se utilizan las rejillas, los tamices y los microfiltros.

Las Rejillas: Con éstas se retiene todo el material grueso, su principal objetivo es retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas, válvulas, aireadores, etc. Se utilizan solamente en los desbastes previos, y sirven para que los desechos no dañen las maquinas.

Los tamices: Luego de las rejillas se colocan Tamices, con aberturas menores para remover un porcentaje más alto de sólidos, con el fin de evitar atascamiento de tuberías, filtros biológicos, con una abertura máxima de 2.5 mm. Tienen una inclinación particular que deja correr el agua y hace deslizar los desechos por fuera de la malla. Necesita un desnivel importante entre el punto de alimentación del agua y el de salida.

Los microfiltros: son planillas giratorias plásticas o de acero por las cuales circula el agua y recogen los desechos y las basuras en su interior, los microfiltros tiene sistemas de lavado para que así puedan mantener las mallas limpias. Dependiendo de la aplicación que tengan se selecciona el tamaño de las mallas.

Desarenadores: son unidades encargadas de retener arenas, tierra y otros elementos vegetales o minerales que traigan las aguas.

3.1.2 Tratamientos primarios

En este tipo de tratamiento lo que se busca es remover los materiales que son posibles de sedimentar, usando tratamiento físicos o físico-químicos. En algunos casos dejando, simplemente, las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o, en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas coagulantes (La precipitación química o coagulación es un proceso por el cual se agregan sustancias químicas para que así se de una coagulación de los desechos y poder retirar así los sólidos) que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. También se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoniaco (desorción). Las operaciones que incluye son el desaceitado y desengrase, la sedimentación primaria, la filtración, neutralización y la desorción.

La sedimentación física es el proceso mediante el cual se dejan asentar por gravedad los sólidos en suspensión en las aguas residuales. Las bacterias que crecen en este medio, junto con otros sólidos, se retiran en un tanque de sedimentación secundario y se hacen entrar de



nuevo al tanque de ventilación. En este tipo de tratamiento se pueden retirar de un 60 a un 65% de los sólidos sedimentables y de 30 a 35% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales.

3.1.3 Tratamientos secundarios

Se da para eliminar desechos y sustancias que con la sedimentación no se eliminaron y para remover las demandas biológicas de oxígeno. Con estos tratamientos secundarios se pueden expeler las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. Este proceso acelera la descomposición de los contaminantes orgánicos. El procedimiento secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos). Estos tanques tienen sistemas de burbujeo o agitación que garantizan condiciones aerobias para el crecimiento de los microorganismos. Posteriormente se conduce este líquido a tanques cilíndricos, con sección en forma de tronco de cono, en los que se realiza la decantación de los lodos. Separados los lodos, el agua que sale contiene muchas menos impurezas. Una parte de estos lodos son devueltos al tanque para que así haya una mayor oxidación de la materia orgánica.

Se utilizan también los biodiscos que están contruidos con un material plástico por el que se esparce una película de microorganismos que se regulan su espesor con el paso y el rozamiento del agua. Puede estar sumergido de un 40 a un 90 % y la parte que queda en la superficie es la encargada de aportar el oxígeno a la actividad celular.

El **lagunaje** es utilizado en terrenos muy extensos y su duración es de 1/3 días en el proceso de retención. La agitación debe ser suficiente para mantener los lodos en suspensión excepto en la zona más inmediata a la salida del efluente.

3.1.4 Tratamientos terciarios

Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

Algunas veces el tratamiento terciario se emplea para mejorar los efluentes del tratamiento biológico secundario. Se ha empleado la filtración rápida en arena para poder eliminar mejor los sólidos y nutrientes en suspensión y reducir la demanda bioquímica de oxígeno.

Una mejor posibilidad para el tratamiento terciario consiste en agregar uno o más estanques en serie a una planta de tratamiento convencional. El agregar esos estanques de "depuración" es una forma apropiada de mejorar una planta establecida de tratamiento de



aguas residuales, de modo que se puedan emplear los efluentes para el riego de cultivos o zonas verdes y en acuicultura.

3-2) Principales procesos biológicos utilizados en el tratamiento del agua residual.

Existen cinco grupos principales: procesos aerobios, procesos anaerobios, procesos anóxicos, procesos aerobios, anaerobios y anóxicos combinados y los procesos de lagunaje. A la vez, estos procesos, se dividen dependiendo de si el tratamiento se lleva a cabo en sistema de cultivo en suspensión, o cultivo fijo, o la combinación de ambos sistemas.

Procesos aerobios:

Cultivo en suspensión:

- Proceso de fangos activados: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.
- Nitrificación de cultivos en suspensión.
- Lagunas aireadas: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.
- Digestión aerobia: se aplica para la estabilización y la eliminación de la DBO carbonosa.

Cultivo fijo:

- Filtros percoladores: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.
- Filtros de desbaste: se utiliza para la eliminación de la DBO carbonosa.
- Sistemas biológicos rotativos de contacto (RBC): se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.
- Reactores de lecho compacto: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.

Procesos combinados:

- Biofiltros activados: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.



Procesos anóxicos:

Cultivo en suspensión:

- Desnitrificación con cultivo en suspensión: desnitrificación.
- Desnitrificación de película fija: desnitrificación.

Procesos anaerobios:

Cultivo de suspensión:

- Digestión anaerobia: se aplica para la estabilización y la eliminación de la DBO carbonosa.
- Proceso anaerobio de contacto: se utiliza para la eliminación de la DBO carbonosa.
- Manto de fango anaerobio de flujo ascendente: se utiliza para la eliminación de la DBO carbonosa.

Cultivo fijo:

- Filtro anaerobio: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa, la estabilización de los residuos y la desnitrificación.
- Lecho expandido: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y la estabilización de los residuos.

Procesos anaerobios, anóxicos o aerobios combinados.

Cultivo de suspensión:

- Procesos de una o varias etapas, múltiples procesos patentados: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa, nitrificación, desnitrificación y eliminación del fósforo.

Procesos combinados: cultivo fijo y en suspensión:

- Proceso de una o varias etapas: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa, nitrificación, desnitrificación y eliminación del fósforo.

Procesos en estanques:

- Lagunas aerobias: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa.
- Estanques de maduración: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y nitrificación.



- Estanques facultativos: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa.
- Estanques anaerobios: se aplica para la eliminación de la DBO carbonosa y estabilización de residuos.

3-3) Descripción del proceso biológico.

3.3.1 Objetivos del tratamiento biológico.

Los objetivos del tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso del agua residual doméstica el principal objetivo es la reducción de la materia orgánica presente y la eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

En el caso de las aguas de retorno de usos agrícola, el principal objetivo es la eliminación de los nutrientes que puedan favorecer el crecimiento de plantas acuáticas, como el nitrógeno y el fósforo. En el caso de aguas residuales industriales, el principal objetivo es la reducción de la concentración de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos. A veces, suele ser necesario un pre tratamiento previo debido a la potencial toxicidad de estos compuestos para los microorganismos.

3.3.2 Materia orgánica.

Cerca del 75 % de los sólidos en suspensión y del 40 % de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.

Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites. Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes.

3.3.3 Medida del contenido orgánico.

Los diferentes ensayos para la determinación del contenido orgánico pueden clasificarse en dos grupos, los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico y los empleados para determinar las concentraciones a nivel de traza. El primer grupo incluye los siguientes ensayos de laboratorio:



- DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- DQO: Demanda Química de Oxígeno.
- COT: Carbono Orgánico Total.

Como complemento a estos ensayos de laboratorio se emplea la demanda teórica de oxígeno (DTeO) parámetro que se determina a partir de la fórmula química de la materia orgánica.

En el segundo grupo de ensayos, los empleados para determinar concentraciones a nivel de traza, por debajo de 1mg/l, se emplean métodos instrumentales que incluyen la cromatografía de gases y la espectroscopia de masa.

Demanda Bioquímica de Oxígeno. El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales es la DBO a 5 días (DBO₅). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:

- 1) Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- 2) Dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- 3) Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento.
- 4) Controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

La oxidación bioquímica es un proceso lento, cuya duración es, en teoría, infinita. En un periodo de 20 días se completa la oxidación del 95 % al 99 % de la materia carbonosa, y en los 5 días que dura el ensayo de la DBO se llega a oxidar entre el 60 % y 70 %.

3.3.4 Papel de los microorganismos.

La eliminación de la DBO carbonosa, la coagulación de los sólidos coloidales no sedimentables, y la estabilización de la materia orgánica se consiguen, biológicamente, gracias a la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias. Los microorganismos se utilizan para convertir la materia orgánica carbonosa coloidal disuelta en diferentes gases y tejido celular. Dado que el tejido celular tiene un peso específico superior al del agua, se puede eliminar por decantación.

Para poder reproducirse y funcionar de manera correcta, un organismo necesita:

- Una fuente de energía.
- Carbono para la síntesis de la materia celular nueva.



-Elementos inorgánicos (nutrientes) tales como el nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio.

Los nutrientes orgánicos también pueden ser necesarios para la síntesis celular.

3.3.5 Microorganismos importantes en el tratamiento biológico del agua residual.

Los microorganismos se suelen clasificar, según su estructura y funcionamiento celular, en eucariotas, eubacterias y arqueobacterias. Los grupos procariotas (eubacterias y arqueobacterias) suelen denominarse simplemente bacterias y son primordiales en el tratamiento biológico. El grupo de las eucariotas incluye las plantas, animales y los protistas. Los organismos eucariotas importantes en el tratamiento biológico de las aguas residuales incluyen los hongos, los protozoos y los rotíferos, y las algas.

Bacterias.

Son organismos procariotas unicelulares, existen miles de especies, su forma, generalmente es esférica, cilíndrica y helicoidal.

Las condiciones ambientales de temperatura y pH tienen un papel importante en la supervivencia y crecimiento de las bacterias.

La mayoría de las bacterias no toleran niveles de pH por debajo de 4,0 ni superiores a 9,5. El pH óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6,5 y 7,5.

Crecimiento bacteriano

En este apartado se trata del crecimiento de las bacterias, organismo de mayor importancia en el proceso de tratamiento biológico.

Las bacterias se pueden reproducir por fisión binaria, sexualmente o por gemación. Por lo general se reproducen por fisión binaria, es decir, por división; la célula original se transforma en dos nuevos organismos. El tiempo necesario para cada fisión, que recibe el nombre de tiempo de generación, puede variar entre días y menos de 20 minutos. Por ejemplo, si el tiempo de generación es de 30 minutos, una bacteria producirá 16.777.216 bacterias luego de un período de 12h. Esta es una cifra hipotética ya que las bacterias no continúan dividiéndose indefinidamente a causa de diversas limitaciones ambientales, tales como la concentración del substrato, la concentración de nutrientes e incluso el tamaño del sistema.

El modelo de crecimiento basado en el número de células consta, más o menos, de cuatro fases diferenciadas:

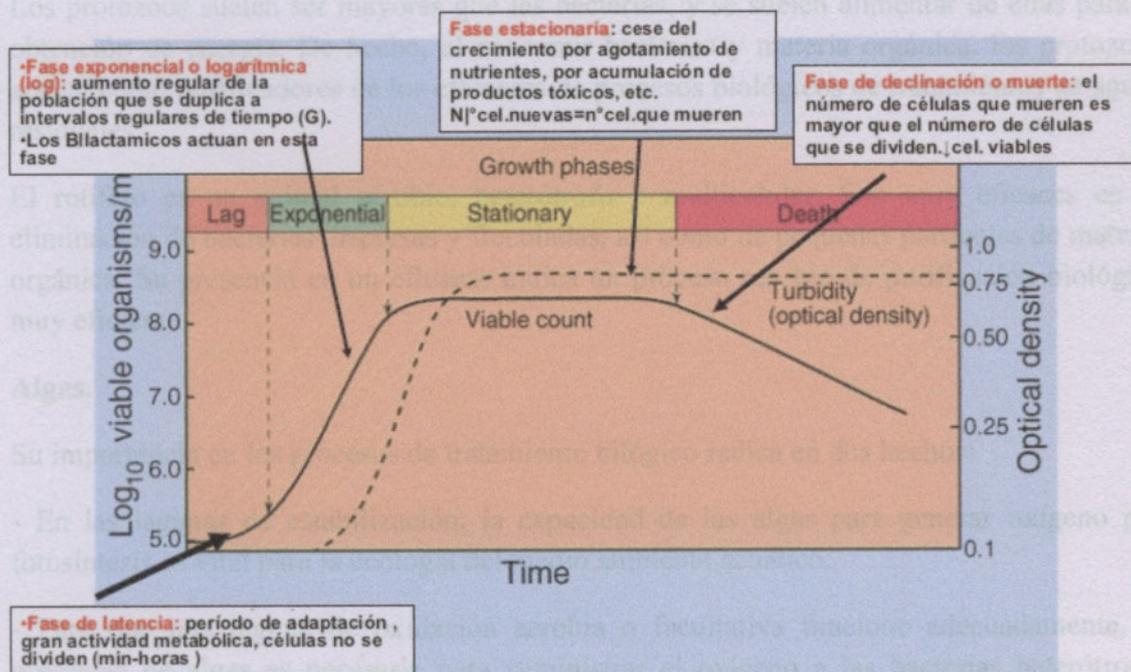


Figura 3-1. Curva de crecimiento bacteriano típica

1. Fase de retardo o latencia, representa el tiempo necesario para que los organismos se aclimaten a las nuevas condiciones ambientales y comiencen a dividirse.
2. Fase de crecimiento exponencial o logarítmica, durante esta fase la célula se divide a una velocidad determinada por su tiempo de generación y su capacidad de procesar alimento.
3. Fase estacionaria, en esta fase la población permanece constante ya sea porque las células han agotado el substrato o los nutrientes, o porque la generación de células nuevas se compensa con la muerte de células viejas.
4. Fase de declinación o muerte, durante esta fase la tasa de mortalidad de bacterias excede la de generación de células nuevas.

Hongos.

La mayoría de los hongos son aerobios estrictos. Pueden crecer con muy poca humedad, toleran ambientes con pH relativamente bajos. Y tienen una baja demanda de nitrógeno. Esto los convierte en organismos de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales de origen industrial y en la formación de compuestos a partir de residuos sólidos orgánicos.

Protozoos y rotíferos.



Los protozoos suelen ser mayores que las bacterias, y se suelen alimentar de ellas para la obtención de energía. De hecho, al consumir bacterias y materia orgánica, los protozoos actúan como purificadores de los efluentes de procesos biológicos de tratamientos de aguas residuales.

El rotífero es un animal aerobio, heterótrofo y multicelular. Son muy eficaces en la eliminación de bacterias dispersas y floculadas, así como de pequeñas partículas de materia orgánica. Su presencia en un efluente indica un proceso aerobio de purificación biológica muy eficiente.

Algas.

Su importancia en los procesos de tratamiento biológico radica en dos hechos:

- En las lagunas de estabilización, la capacidad de las algas para generar oxígeno por fotosíntesis es vital para la ecología del medio ambiente acuático.
- Para que una laguna de oxidación aerobia o facultativa funcione adecuadamente, la presencia de algas es necesaria para suministrar el oxígeno a las bacterias heterótrofas aerobias.



4-1) Definición

Una laguna de estabilización es, básicamente, una excavación en el suelo donde el agua residual se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos.

Cuando el agua residual es descargada en una laguna de estabilización se realiza en forma espontánea un proceso de autogranificación o estabilización natural, en el que tienen lugar fenómenos de tipo físico, químico y biológico. En esta simple descripción se establecen los aspectos fundamentales del proceso de tratamiento del agua que se lleva a cabo en las lagunas de estabilización:

- Es un proceso natural de autodepuración.
- La estabilización de materia orgánica se realiza mediante la acción simbiótica de bacterias, algas, y otros organismos superiores.
- Se presentan procesos físicos de remoción de materia suspendida.

4) TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL POR LAGUNAJE.

Se efectúan las condiciones adecuadas para que se realicen la estabilización, transformación, y remoción de contaminantes orgánicos biodegradables y, en algunos casos, nutrientes.

Se establecen cadenas tróficas y redes de competencia que permiten la eliminación de gran cantidad de microorganismos patógenos que se encuentran presentes en las aguas residuales. Por lo tanto, las lagunas de estabilización se consideran y se pueden proyectarse como un método de tratamiento de la materia orgánica y de remoción de los patógenos presentes en el agua residual.

Dependiendo de las condiciones del problema por resolver las lagunas de estabilización pueden utilizarse solas, combinadas con otros procesos de tratamiento biológico, o bien, entre ellas mismas (sistemas lagunares de tratamiento).

4-2) Objetivos de las lagunas.

- Reducir e inactivar organismos patógenos presentes en líquidos residuales.
- Disminuir la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) e la Demanda química de oxígeno (DQO) del líquido.
- Permitir la reutilización del líquido para agricultura.



4-1) Definición

Una laguna de estabilización es, básicamente, una excavación en el suelo donde el agua residual se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos.

Cuando el agua residual es descargada en una laguna de estabilización se realiza en forma espontánea un proceso de autopurificación o estabilización natural, en el que tienen lugar fenómenos de tipo físico, químico y biológico. En esta simple descripción se establecen los aspectos fundamentales del proceso de tratamiento del agua que se lleva a cabo en las lagunas de estabilización:

- Es un proceso natural de autodepuración.
- La estabilización de materia orgánica se realiza mediante la acción simbiótica de bacterias, algas, y otros organismos superiores.
- Se presentan, procesos físicos de remoción de materia suspendida.
- Se efectúan cambios químicos en la calidad del agua que, entre otros aspectos, mantienen las condiciones adecuadas para que los organismos puedan realizar la estabilización, transformación, y remoción de contaminantes orgánicos biodegradables y, en algunos casos, nutrientes.
- Se establecen cadenas tróficas y redes de competencia que permiten la eliminación de gran cantidad de microorganismos patógenos que se encuentran presentes en las aguas, residuales. Por lo tanto, las lagunas de estabilización se consideran y se pueden proyectarse como un método de tratamiento de la materia orgánica y de remoción de los patógenos presentes en el agua residual.

Dependiendo, de las condiciones del problema por resolver las lagunas de estabilización pueden utilizarse solas, combinadas con otros procesos de tratamiento biológico, o bien, entre ellas mismas (sistemas lagunares de tratamiento).

4-2) Objetivos de las lagunas.

- Reducir e inactivar organismos patógenos presentes en líquidos residuales.
- Disminuir la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o la Demanda química de oxígeno (DQO) del líquido.
- Permitir la reutilización del líquido para agricultura.



4-3) Ventajas del uso de lagunas.

Entre las ventajas del uso de lagunas de estabilización se encuentran

- Bajo capital de inversión, especialmente en los costos de construcción.
- Simplicidad de Lagunas. Las lagunas son más sencillas de diseñar, construir, operar y mantener que cualquier otro proceso de tratamiento. La excavación es la actividad principal en la construcción. La construcción de obras civiles es mínima: solamente estructuras de ingresos, interconexiones, salidas, y el revestimiento de los taludes interiores.

La operación y mantenimiento consiste normalmente en tareas de rutina como el corte de vegetación en la orilla y en el dique, remoción de natas y sólidos flotantes, la medición diaria del caudal, y el monitoreo periódico del afluente y efluente. A continuación se presenta en la tabla 2.1 la comparación de complejidad de operación y mantenimiento de otros procesos ante las lagunas.

Proceso de Tratamiento	Nivel de Complejidad	Nivel de Capacitación de personal	Requerimiento de Monitoreo del Proceso
Lodos Activados	Alto	Alto	Alto
Filtro Percolador	Medio-Alto	Medio-Alto	Medio
Laguna Aireada	Medio-Alto	Medio-Alto	Medio-Alto
Sistema de Lagunas de Estabilización	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla 4-1. Comparación de complejidad de operación y mantenimiento de otros procesos ante las lagunas.

- Bajo Costo. Las lagunas cuestan mucho menos que los otros procesos de tratamiento. El equipo requerido se puede obtener localmente; las plantas de lodos activados, por ejemplo, requieren de la importación de equipo mecanizado y piezas de repuesto costosas, mientras que una serie de lagunas de estabilización no consumiría ninguna energía eléctrica.
- Reducción de coliformes y eliminación de patógenos. Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de



- agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.
- En aguas tratadas los coliformes totales funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias.
Las lagunas de estabilización tienen una ventaja enorme sobre los sistemas de tratamiento convencionales (lodos activados y sus variaciones, filtros de escurrimiento, etc.) en relación a la reducción de coliformes fecales y huevos de helmintos.
Los sistemas de tratamiento convencionales tienen una baja reducción de organismos patógenos. En las lagunas la eliminación de microorganismos patógenos es muy superior a la alcanzada mediante otros métodos de tratamiento.
- Mínimo Manejo de Lodos. Una ventaja fundamental en el uso de lagunas es el hecho que se producen menos lodos que cualquier otro proceso como, ya que los lodos quedan en la laguna primaria por años en vez de horas o días como en los otros procesos, se consolidan con tiempo y ocupan menos volumen poco a poco.
Los lodos de cualquier proceso estarán muy contaminados con huevos de helmintos, quistes de protozoarios, y otros patógenos bacterianos y de los virus, en las lagunas el manejo de lodos es mínimo con menos concentración de patógenos en los mismos debido a su edad. La remoción de lodos de una laguna primaria es necesaria solamente cada 5 a 10 años.
- Manejo de altas concentraciones y cargas orgánicas. Las lagunas de estabilización, como resultado de su largo tiempo de retención hidráulica, lo que se mide en días en vez de horas para tecnologías más complicadas, tienen mucha más resistencia a cargas altas orgánicas, hidráulicas, y a concentraciones altas a compuestos tóxicos. Como resultado, en muchos países industrializados se utilizan frecuentemente lagunas para tratar aguas residuales industriales por su mejor estabilidad y resiliencia.

4-4) Desventajas del uso de lagunas.

- Efluente con elevado contenido de algas que al ser descargado en los cuerpos de agua es objetado, generando grandes controversias por su calidad proteica y su potencial de taponamiento del suelo, si se usa en riego.
- Deben estar alejados de la zona poblada, lo que obliga a proyectar emisarios de gran longitud.
- Su funcionamiento depende de las condiciones ambientales tales como la temperatura, la irradiación solar, la velocidad del viento, etc., que son propiedades aleatorias.



- Generación de, olores desagradables y deterioro de la calidad del efluente por sobrecargas de contaminantes, bajo ciertas condiciones climáticas.
- Contaminación de acuíferos por infiltración, particularmente en lagunas construidas sobre suelos arenosos si no se impermeabilizan o si el recubrimiento se daña.
- Pérdidas de agua debido a la evaporación e infiltración, que en zonas de escasez pueden ser importantes.
- Requiere grandes extensiones de terreno.
- Se requiere disponer de terrenos aptos para la ejecución de la laguna.
- En cursos sin agua permanente como ocurre en zonas secas no es aconsejable la aplicación de lagunas, ya que las algas del efluente pueden producir olores al descomponerse.

5) CLASIFICACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.



De acuerdo al contenido de oxígeno, la naturaleza de la actividad biológica que tiene lugar en la misma, y por tanto al metabolismo que prevalece durante su funcionamiento, las lagunas de estabilización se clasifican en:

5.1-Anaeróbicas.

5.2-Facultativas.

5.3-Aerobias.

5.1- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ANAERÓBICAS.

El tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto período de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar parte de la carga orgánica.

5) CLASIFICACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

La estabilización

• Hidrólisis: los compuestos orgánicos complejos e insolubles, son transformados en otros compuestos más sencillos y solubles en agua.

• Formación de ácidos: los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Produciéndose su conversión en ácidos orgánicos volátiles.

• Formación de metano: una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias aerias y los utiliza para convertirlos finalmente en metano y dióxido de carbono.

Las lagunas de estabilización anaeróbicas se utilizan para el tratamiento de agua residual de alto contenido orgánico que también contiene una alta concentración de sólidos. Generalmente son profundas, de 2m a 5m, y excavadas en el terreno, dotado de un sistema de conducciones de entrada y de salida adecuadas.

Mantiene condiciones anóxicas y anaerobias en todo el espesor de la misma. Esto es parcialmente cierto ya que en un pequeño estrato superficial se encuentra oxígeno disuelto (menos de 50 cm) dependiendo de la acción del viento, la temperatura y la carga orgánica. En general, la zona superior tiene una influencia insignificante en la dinámica microbiana del medio acuático. Con el tiempo se forman natas por arriba del agua residual lo cual evita la presencia de las algas debido a la ausencia de luz solar e impide la difusión de oxígeno del aire.



De acuerdo al contenido de oxígeno, la naturaleza de la actividad biológica que tiene lugar en la misma, y por tanto al metabolismo que prevalece durante su funcionamiento, las lagunas de estabilización se clasifican en:

5.1-Anaeróbicas.

5.2-Facultativas.

5.3-Aerobias.

5.1- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ANAERÓBICAS.

El tratamiento se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias. Como consecuencia de la elevada carga orgánica y el corto periodo de retención del agua residual, el contenido de oxígeno disuelto se mantiene muy bajo o nulo durante todo el año. El objetivo perseguido es retener la mayor parte posible de los sólidos en suspensión, que pasan a incorporarse a la capa de fangos acumulados en el fondo y eliminar parte de la carga orgánica.

La estabilización en estas lagunas tiene lugar mediante las etapas siguientes.

- Hidrólisis: los compuestos orgánicos complejos e insolubles, son transformados en otros compuestos más sencillos y solubles en agua.
- Formación de ácidos: los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Produciéndose su conversión en ácidos orgánicos volátiles.
- Formación de metano: una vez que se han formado los ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias actúa y los utiliza para convertirlos finalmente en metano y dióxido de carbono

Las lagunas de estabilización anaeróbicas se utilizan para el tratamiento de agua residual de alto contenido orgánico que también contenga una alta concentración de sólidos. Generalmente son profundas, de 2m a 5m, y excavadas en el terreno, dotado de un sistema de conducciones de entrada y de salida adecuadas.

Mantienen condiciones anóxicas y anaerobias en todo el espesor de la misma. Esto es parcialmente cierto ya que en un pequeño estrato superficial se encuentra oxígeno disuelto (menos de 50 cm) dependiendo de la acción del viento, la temperatura y la carga orgánica. En general, la zona superior tiene una influencia insignificante en la dinámica microbiana del medio acuático. Con el tiempo se forman natas por arriba del agua residual lo cual evita la presencia de las algas debido a la ausencia de luz solar e impide la difusión de oxígeno del aire.



Normalmente, el efluente de estas lagunas es descargado a otra unidad para complementar el proceso de tratamiento y oxigenar el efluente. La estabilización de la materia orgánica se realiza mediante un proceso combinado de sedimentación y de conversión biológica de los desechos orgánicos en gases (CH_4 , CO_2 y H_2S) y nuevas células.

Normalmente, es fácil conseguir, de forma continua, rendimientos de eliminación de la DBO5 superiores al 70%. En condiciones óptimas de funcionamiento, es posible conseguir eficacias de eliminación de hasta el 85%.

Los factores que hay que tener en cuenta al proyectar una laguna anaeróbica son fundamentalmente los aspectos de conservación del calor, sedimentación de materia en suspensión y almacenamiento de lodos. El tiempo de residencia recomendado en estas lagunas oscila entre 2 a 5 días, dependiendo de la naturaleza del vertido y del clima del lugar de emplazamiento.

Es normal en lagunas anaeróbicas la formación de espumas o costras en superficie, y según algunos autores, ésta resulta beneficiosa porque previene las pérdidas de calor, sobre todo en climas fríos, e impide la liberación de malos olores.

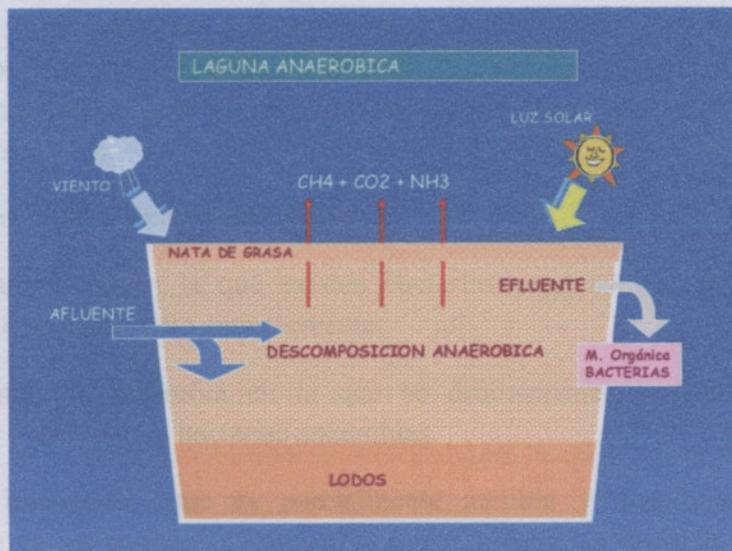


Fig. 5-1- Representación esquemática de una laguna de estabilización anaeróbica

5.2- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA.

Son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, siendo respectivamente en superficie y fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionando principalmente por las algas presentes.

En este tipo de lagunas se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, desde anaerobios estrictos, en el fango del fondo, hasta aerobios estrictos en la zona



inmediatamente adyacente a la superficie. Además de las bacterias y protozoarios, en las lagunas facultativas es esencial la presencia de algas, que son los principales suministradoras de oxígeno disuelto.

El objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes.

La profundidad de las lagunas facultativas suele estar comprendida entre 1 y 2 m para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. Se extienden sobre un área relativamente grande, en la cual los efluentes permanecen por un período aproximado de 15 a 50 días. La estabilización se lleva a cabo mediante una combinación de bacterias facultativas, anaerobias y aerobias.

Son grandes estanques excavados en el terreno que se alimentan con agua residual procedente de un proceso previo de desbaste o con el efluente de un tratamiento primario.

Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades, estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa.

En una laguna facultativa existen tres zonas:

1. Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica, como se ha descrito anteriormente.
2. Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.
3. Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobio. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aerobias y facultativas empleando el oxígeno generado por las algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono por las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango implica la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el CO₂, H₂S y el CH₄, que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera.



Para el dimensionamiento de lagunas facultativas es necesario considerar ciertos criterios de diseño, entre ellos se encuentran: profundidad, radiación solar, evaporación, recirculación y sedimentación.

La profundidad de las lagunas facultativas suele fijarse entre 1.5 a 2 metros. El límite inferior viene condicionado a la posibilidad de crecimiento de vegetación emergente para profundidades menores, lo cual se desaconseja normalmente para evitar el desarrollo de mosquitos. En cuanto al límite superior, las profundidades inferiores a 2 metros tienen el objetivo de limitar la posibilidad de estratificación, así como favorecer un ambiente aeróbico en la mayor parte del perfil vertical.

La luz es fundamental para la actividad fotosintética, esta depende no sólo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad. Dado que el medio es normalmente muy turbio, debido sobre todo a la presencia de algas, la luz que penetra en la laguna se atenúa rápidamente y se anula a poca distancia de la superficie. Por esta razón la profundidad de las lagunas debe ser pequeña, garantizando así que la mayor parte de la columna de agua va a contar con cierto grado de iluminación.

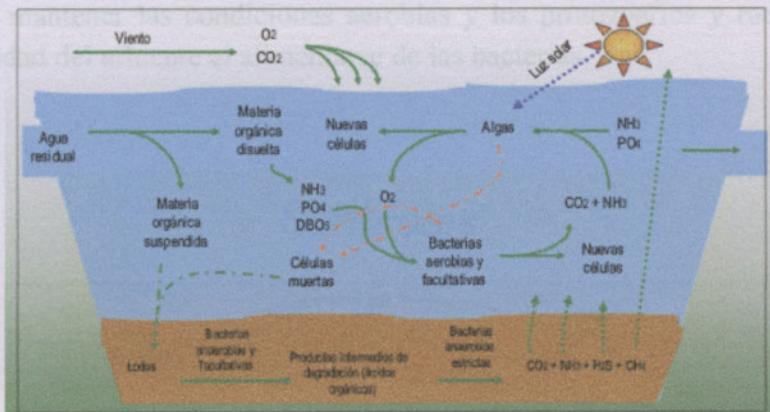


Fig. 5-2. Representación esquemática de una laguna de estabilización Facultativa

5.3- LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN AEROBICA.

Este tipo de laguna tiene como objetivo fundamental la eliminación de bacterias patógenas. Además de su efecto desinfectante, las lagunas aeróbicas cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado.

Suelen constituir la última etapa del tratamiento, por medio de una laguna facultativa primaria o secundaria o de una planta de tratamiento convencional, debido a la eliminación de agentes patógenos, si se reutiliza el agua depurada.



También conocida como laguna de maduración, son grandes depósitos de poca profundidad, de 1 a 1.5 m, de modo que la luz del sol penetra hasta el fondo. Los microorganismos se encuentran en suspensión y prevalecen condiciones aerobias. Suelen tener tiempo de residencia elevada, entre 20 y 30 días, soportan cargas orgánicas bajas y contienen oxígeno disuelto en todo instante y en todo volumen del líquido. En ellas se produce la degradación de la materia orgánica mediante la actividad de bacterias aeróbicas que consumen oxígeno producido fotosintéticamente por las algas.

Debe evitarse la construcción de lagunas de maduración profundas en las que buena parte de la columna de agua se encuentra en la oscuridad, ya que la eliminación de patógenos es mucho más rápida en presencia de luz.

Microbiología del proceso: el oxígeno liberado por las algas es utilizado por las bacterias en la degradación de la materia orgánica. El dióxido de carbono y los nutrientes liberados por las bacterias es a su vez, utilizado por las algas para la fotosíntesis (Figura 2). Esta relación simbiótica constituye el componente, fundamental del proceso.

Las bacterias que realizan la conversión de, la materia orgánica en las lagunas pertenecen a los géneros Pseudomonas, Zoogloea, Achromobacter, Flavobacteria, Nocardia, Mycobacteria, Nitrosomonas y Nitrobacter. Las algas constituyen la mejor fuente de oxígeno, para mantener las condiciones aerobias y los protozoarios y rotíferos ayudan a mejorar la calidad del efluente al alimentarse de las bacterias.

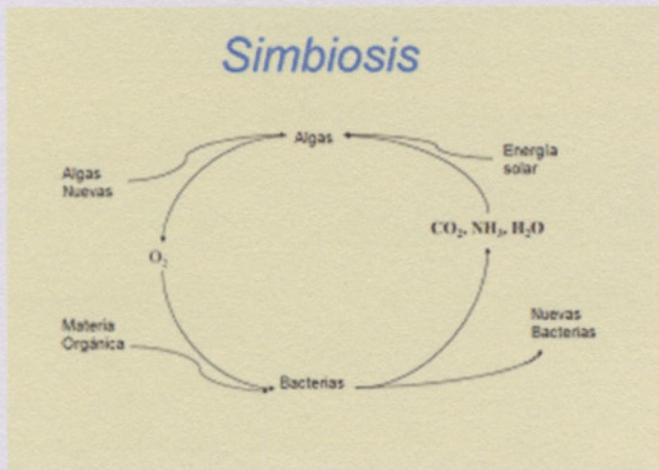


Fig. 5-3. Representación esquemática de relación simbiótica entre algas y bacterias en la laguna de estabilización aeróbica.

En este tipo de lagunas, la eficacia de la eliminación de la DBO₅ es alta, situándose por encima del 95 %.



En cuanto a su aspecto físico, las lagunas aeróbicas son muy similares a las facultativas, y en muchas ocasiones tienen incluso el mismo tamaño y profundidad. Debido a que la alimentación de estas lagunas presenta un alto grado de estabilización de la materia orgánica, la demanda de oxígeno disuelto es mucho menor que en las facultativas, y la fotosíntesis y aireación superficial permiten obtener un ambiente aeróbico en toda la columna de agua.

Debe evitarse la construcción de lagunas de maduración profundas en las que buena parte de la columna de agua se encuentra en la oscuridad, ya que la eliminación de patógenos es mucho más rápida en presencia de luz.

6) FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN A LAS LAGUNAS.



6.1) Radiación solar.

La luz solar es fundamental para la actividad fotosintética, esta depende no solo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad. Como la intensidad de la luz varía a lo largo del año, la velocidad de crecimiento de las algas cambia de la misma forma. En las lagunas facultativas es fundamental la fotosíntesis realizada por las algas para producir el oxígeno requerido por las bacterias aerobias. La radiación solar que se produce durante el día interviene en forma directa en la fotosíntesis.

6.2) Temperatura.

Las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son muy influenciadas por la temperatura. En general, se puede decir que la velocidad de degradación aumenta con la temperatura, en especial en lo que concierne a la actividad de las bacterias. Estos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas. Por eso, el proyecto de las lagunas debe tener en cuenta siempre las condiciones de temperaturas más adversas.

6) FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN A LAS LAGUNAS.

La producción óptima de oxígeno para algunas especies de algas en las lagunas facultativas es obtenida entre 20 a 25°C, con valores límites de 37 y 4°C máximos y mínimos, respectivamente. Sin embargo se sabe que temperaturas más altas pueden ser toleradas y que algunas especies de algas ya fueron observadas creciendo normalmente debajo de una capa de hielo.

La actividad bacteriana se torna más intensa en temperaturas más altas, en las cuales el oxígeno disuelto es usado a una tasa mayor. Si la cantidad de oxígeno solicitada no fuera compensada por una producción más alta de oxígeno, pueden prevalecer condiciones anaeróbicas y el efluente puede tomarse turbio y aparecer malos olores.

La variación de temperatura del agua en las lagunas es menor que que en el aire, en virtud de que la inercia térmica del agua es mayor que la del aire. La temperatura superficial del agua es, casi siempre, inferior a la del aire.

Se ha verificado, con relación a la calidad del efluente que, se ha pasado más frío hay un aumento en la concentración de nitrato y fósforo y una disminución de los sólidos en suspensión. Todos estos fenómenos están íntimamente relacionados con el decrecimiento de la actividad de las algas.

En el caso de las lagunas anaeróbicas se ha comprobado que la temperatura del agua durante la noche es prácticamente constante para todo el volumen de la laguna, con una temperatura superficial levemente inferior a la media de aquella que la laguna presenta en



6.1) Radiación solar.

La luz solar es fundamental para la actividad fotosintética, ésta depende no solo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad. Como la intensidad de la luz varía a lo largo del año, la velocidad de crecimiento de las algas cambia de la misma forma. En las lagunas facultativas es fundamental la fotosíntesis realizada por las algas para producir el oxígeno requerido por las bacterias aeróbicas. La radiación solar que se produce durante el día interviene en forma directa en la fotosíntesis.

6.2) Temperatura.

Las reacciones físicas, químicas y bioquímicas que ocurren en las lagunas de estabilización son muy influenciadas por la temperatura. En general, se puede decir que la velocidad de degradación aumenta con la temperatura, en especial en lo que concierne a la actividad de las bacterias. Estos fenómenos son retardados por las bajas temperaturas. Por eso, el proyecto de las lagunas debe tener en cuenta siempre las condiciones de temperaturas más adversas. Los procesos de reducción de la materia orgánica por acción bacteriana son dependientes de la temperatura.

La producción óptima de oxígeno para algunas especies de algas en las lagunas facultativas es obtenida entre 20 a 25°C, con valores límites de 37 y 4°C máximos y mínimos, respectivamente. Sin embargo se sabe que temperaturas más altas pueden ser toleradas y que algunas especies de algas ya fueron observadas creciendo normalmente debajo de una capa de hielo.

La actividad bacteriana se torna más intensa en temperaturas más altas, en las cuales el oxígeno disuelto es usado a una tasa mayor. Si la cantidad de oxígeno solicitada no fuere compensada por una producción más alta de oxígeno, pueden prevalecer condiciones anaeróbicas y el efluente puede tornarse turbio y aparecer malos olores.

La variación de temperatura del agua en las lagunas es menor que que en el aire, en virtud de que la inercia térmica del agua es mayor que la del aire. La temperatura superficial del agua es, casi siempre, inferior a la del aire.

Se ha verificado, con relación a la calidad del efluente que, en los meses más fríos hay un aumento en la concentración de amonio y fósforo y una disminución de los sólidos en suspensión. Todos estos fenómenos están íntimamente relacionados con el decrecimiento de la actividad de las algas.

En el caso de las lagunas anaeróbicas se ha comprobado que la temperatura del agua durante la noche es prácticamente constante para todo el volumen de la laguna, con una temperatura superficial levemente inferior a la media de aquella que la laguna presenta en



las horas en que la temperatura ambiente es más baja. Por nlo tanto, durante la noche, un flujo de calor es producido a partir de las capas inferiores, con temperaturas levemente mayores, para la superficie. En algunas horas del día, cuando la temperatura ambiente supera la temperatura media del agua, esta absorbe energía, dando principio al proceso de estratificación térmica. El gradiente térmico es mayor cuanto más elevada fuere la temperatura ambiente en relación a la del agua.

También, en lo que refiere a las lagunas anaeróbicas, la temperatura del efluente de la laguna es superior a la temperatura media del agua e inferior a la temperatura superficial durante las horas diurnas, en la noche, por ejemplo, los tres valores son muy semejantes.

Como en una laguna de estabilización, no existe temperatura uniforme, se torna más conveniente usar la expresión *temperatura media de la laguna o temperatura superficial de la laguna*, conforme sea el caso, a cambio de *temperatura de la laguna*.

6.3) Viento.

El viento tiene un efecto importante en el comportamiento de las lagunas, ya que induce a la mezcla vertical del líquido de la laguna, una buena mezcla asegura una distribución más uniforme de DBO, oxígeno disuelto (importante para lagunas aeróbicas y facultativas), bacterias y algas y por lo tanto un mejor grado de estabilización del agua residual.

La acción del viento hace posible la homogeneización de la masa líquida, llevando el oxígeno de la superficie a las capas más profundas, haciendo que el afluente y los microorganismos, sean dispersados en toda la extensión de esa masa. Auxilian el movimiento de las algas, principalmente de aquellas especies desprovistas de movimiento propio y consideradas grandes productoras de oxígeno. Cuando la fotosíntesis no fuere suficiente al existir déficit de oxígeno, el viento puede contribuir para la transferencia y difusión de oxígeno de la atmósfera a la masa líquida.

Siempre que sea posible, las lagunas deben ser construidas en lugares donde la acción de los vientos dominantes no esté en la dirección de las poblaciones. Las lagunas anaeróbicas, las cuales pueden expedir malos olores, como medida de precaución, deben ser construidas por lo menos a 500 o 1.000 metros de la comunidad.

Si el lugar donde las lagunas fueron construidas estuviese sujeto a vientos fuertes, la formación de ondas puede provocar erosión en los taludes internos. Normalmente esto puede ocurrir en lagunas con espejos de agua superiores a 10 Ha. Para prevenir esos efectos, los taludes deberán recibir protección en unos 30 cm por debajo y por encima de los niveles mínimos y máximos del agua.



6.4) Evaporación.

La repercusión principal de la evaporación es la concentración de los sólidos que contiene el agua almacenada. El consiguiente aumento de la salinidad puede resultar perjudicial si el efluente se va a emplear en riego.

La evaporación está íntimamente ligada a las condiciones climáticas locales, dependiendo principalmente de los vientos, grado higrométrico del aire y la temperatura del aire y del agua.

6.5) Precipitación.

El oxígeno disuelto suele bajar después de tormentas debido a la demanda adicional de oxígeno provocada por los sólidos arrastrados por el agua de lluvia y los sedimentos de las lagunas que se mezclan con la columna de agua. Otro efecto de la lluvia es una cierta oxigenación en la zona superficial de las lagunas, debido tanto al propio contenido en oxígeno de la lluvia como a la turbulencia que provoca con su caída.

También las precipitaciones pluviométricas media y máxima podrán tener alguna influencia en la actuación y confiabilidad de la laguna. El tiempo de retención podrá ser reducido durante periodos de lluvia. Lluvias intensas pueden diluir el contenido de las algas rasas afectando el alimento disponible para la biomasa. El aumento repentino del caudal podrá acarrear en el efluente grandes cantidades de sólidos, arrastre significativo de la población de algas y el acarreamiento de materiales inorgánicos, principalmente arcilla.



7.1) Estratificación.

La densidad del agua cambia con la temperatura, es mínima a 4 °C y aumenta con temperaturas mayores o menores, el agua más cálida es más ligera y tiende a flotar sobre las capas más frías. Durante los meses de primavera y verano el calentamiento tiene lugar desde la superficie, las capas superiores están más calientes que las inferiores, son menos densas y flotan sobre ellas sin que se produzca la mezcla entre unas y otras.

Durante la primavera, la mayoría de las lagunas tienen una temperatura casi uniforme, por lo tanto se mezclan con facilidad gracias a las corrientes inducidas por los vientos. Cuando se aproxima el verano, las aguas de las capas superiores se calientan y su densidad disminuye produciéndose una estratificación estable.

7.2) Flujo a través de las lagunas.

La circulación del agua a través de la laguna viene afectada por la forma y tamaño de ésta, la situación de entradas y salidas, velocidad y dirección de los vientos dominantes y la aparición de diferencias de densidad dentro de la misma. Las anomalías de flujo más frecuentes se manifiestan en **7) FACTORES FÍSICOS.** partes de la laguna en las que el agua permanece estancada durante largos periodos de tiempo y reducen el volumen efectivo y el área superficial de la laguna, con la posibilidad de problemas de olor en las áreas sobrecargadas. (Circulación tipo Reactor Tanque Continuo)

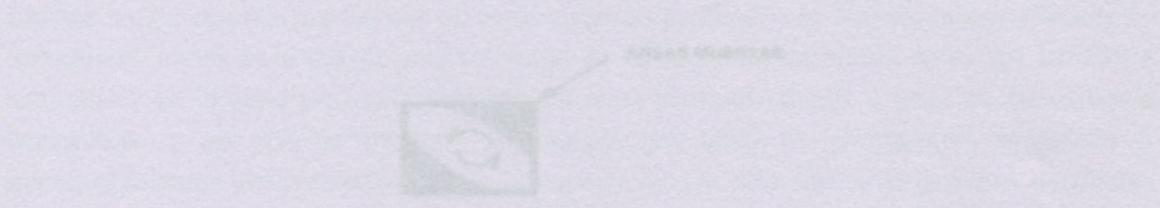


Fig. 7-1. Circulación tipo reactor tanque continuo.

Se recomienda el uso de canales o mamparas en lagunas facultativas y aeróbicas, ya que se utiliza toda el área de la laguna, obteniendo las siguientes ventajas:

- se incrementa la eficiencia en el tratamiento del agua residual;
- se mejoran las condiciones de flujo dentro del estanque aumentando, en consecuencia, la utilización del área del espejo de agua; y
- se reducen de manera importante los cortocircuitos.



7.1) Estratificación.

La densidad del agua cambia con la temperatura, es mínima a 4 °C y aumenta para temperaturas mayores o menores, el agua más cálida es más ligera y tiende a flotar sobre las capas más frías. Durante los meses de primavera y verano el calentamiento tiene lugar desde la superficie, las capas superiores están más calientes que las inferiores, son menos densas y flotan sobre ellas sin que se produzca la mezcla entre unas y otras.

Durante la primavera, la mayoría de las lagunas tienen una temperatura casi uniforme, por lo tanto se mezclan con facilidad gracias a las corrientes inducidas por los vientos. Cuando se aproxima el verano, las aguas de las capas superiores se calientan y su densidad disminuye produciéndose una estratificación estable.

7.2) Flujo a través de las lagunas.

La circulación del agua a través de la laguna viene afectada por la forma y tamaño de ésta, la situación de entradas y salidas, velocidad y dirección de los vientos dominantes y la aparición de diferencias de densidad dentro de la misma. Las anomalías de flujo más frecuentes se manifiestan en la aparición de zonas muertas, es decir, partes de la laguna en las que el agua permanece estancada durante largos periodos de tiempo y reducen el volumen efectivo y el área superficial de la laguna, con la posibilidad de problemas de olor en las áreas sobrecargadas. (Circulación tipo Reactor Tanque Continuo)

Existen varias razones por las que en estos sistemas profundos se obtiene mayor eficacia de tratamiento como es la mayor productividad de algas en el medio en el que tienden a sedimentar en la zona profunda. La zona profunda tiende a estar en condiciones anaerobias, y en ella se produce la degradación lenta de compuestos orgánicos y microorganismos sedimentados. En la superficie. De esta forma se generan nutrientes solubles que se reincorporan a la zona superficial y contribuyen a la actividad biológica.

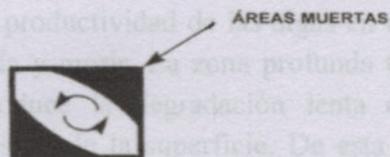


Fig. 7-1. Circulación tipo reactor tanque continuo.

Se recomienda el uso de canales o mamparas en lagunas facultativas y aeróbicas, ya que se utiliza toda el área de la laguna, obteniendo las siguientes ventajas:

- se incrementa la eficiencia en el tratamiento del agua residual;
- se mejoran las condiciones de flujo dentro del estanque aumentando, en consecuencia, la utilización del área del espejo de agua; y
- se reducen de manera importante los cortocircuitos.

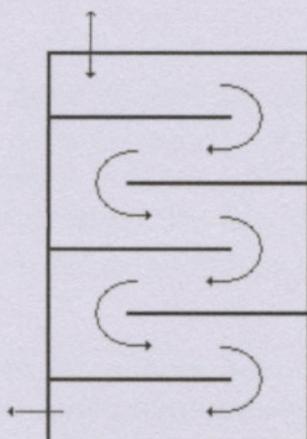


Fig. 7-2. Ejemplo de laguna canalizada

7.3) Profundidad.

La profundidad de las lagunas es normalmente 1.5, aunque se pueden usar profundidades entre 1 y 2 m. El límite inferior viene condicionado a la posibilidad de crecimiento de vegetación emergente para profundidades menores, lo cual se desaconseja normalmente para evitar el desarrollo de mosquitos.

Existen varias razones por las que en estos sistemas profundos se obtiene mayor eficacia de tratamiento como es la mayor productividad de las algas en un medio en el que tienden a sedimentar en la zona profunda y morir. La zona profunda tiende a estar en condiciones anaerobias, y en ella se produce la degradación lenta de compuestos orgánicos y microorganismos sedimentados desde la superficie. De esta forma se generan nutrientes solubles que se reincorporan a la capa superficial y contribuyen a la actividad biológica.

En las zonas climas cálidos la mayor profundidad repercute en una disminución de la evaporación relativa, lo que es beneficioso desde el punto de vista del almacenamiento para riegos como para evitar aumentos de salinidad en el efluente.



8.1) pH.

El valor de pH en las lagunas viene determinado fundamentalmente por la actividad fotosintética del fitoplancton y la degradación de la materia orgánica por las bacterias. Las algas consumen anhídrido carbónico en la fotosíntesis, lo que desplaza el equilibrio de los carbonatos y da lugar a un aumento del pH. Por otra parte, la degradación de la materia orgánica conduce a la formación de dióxido de carbono como producto final, lo que causa una disminución de pH.

Como la fotosíntesis depende de la radiación solar, el pH de las lagunas presenta variaciones durante el día y el año. Cuanto mayor es la intensidad luminosa, los valores del pH son más altos. Estas variaciones diarias son muy marcadas en verano, cuando pueden alcanzarse valores de pH en torno a 9 o mayores, partiendo de valores de 7-7.5, al final de la noche.

8.2) Oxígeno disuelto.

El contenido en oxígeno disuelto es uno de los mejores indicadores sobre el funcionamiento de las lagunas. La concentración de oxígeno disuelto presenta una variación senoidal a lo largo del día. El contenido en oxígeno es mínimo al amanecer y máximo por la tarde, y puede oscilar entre un valor nulo hasta la sobresaturación. Durante el verano es posible encontrar que las capas superficiales de las lagunas están sobresaturadas de oxígeno disuelto.

8) FACTORES QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS.

El oxígeno disuelto presenta variaciones importantes en profundidad. La concentración de oxígeno disuelto es máxima en superficie, y a medida que aumenta la profundidad va disminuyendo hasta anularse. La profundidad a la que se anula el oxígeno disuelto se llama oxipausa, y su posición depende de la actividad fotosintética, el consumo de oxígeno por las bacterias y el grado de mezcla inducido por el viento. En invierno la capa oxigenada tiende a ser mucho más reducida que en verano.

8.3) Nutrientes.

Los nutrientes son fundamentales para la buena marcha del tratamiento de lagunas. A medida que progresa la depuración se va reduciendo una considerable cantidad de nutrientes que puede dar lugar a que uno o varios alcancen niveles críticos que provocan problemas de eutrofización de aguas o bacterias. En lagunas de estabilización a largo plazo, en invierno, solo ocurre un poco de intensa actividad biológica, y suelta poco de H_2 y CO_2 de materia orgánica hasta los niveles máximos en este tipo de tratamiento.



8.1) pH.

El valor de pH en las lagunas viene determinado fundamentalmente por la actividad fotosintética del fitoplancton y la degradación de la materia orgánica por las bacterias. Las algas consumen anhídrido carbónico en la fotosíntesis, lo que desplaza el equilibrio de los carbonatos y da lugar a un aumento del pH. Por otra parte, la degradación de la materia orgánica conduce a la formación de dióxido de carbono como producto final, lo que causa una disminución de pH.

Como la fotosíntesis depende de la radiación solar, el pH de las lagunas presenta variaciones durante el día y el año. Cuanto mayor es la intensidad luminosa, los valores del pH son más altos. Estas variaciones diarias son muy marcadas en verano, cuando pueden alcanzarse valores de pH en torno a 9 o mayores, partiendo de valores de 7-7.5, al final de la noche.

8.2) Oxígeno disuelto.

El contenido en oxígeno disuelto es uno de los mejores indicadores sobre el funcionamiento de las lagunas. La principal fuente de oxígeno disuelto es la fotosíntesis, seguida por la reaireación superficial. La concentración de oxígeno disuelto presenta una variación senoidal a lo largo del día. El contenido en oxígeno es mínimo al amanecer y máximo por la tarde, y puede oscilar entre un valor nulo hasta la sobresaturación. Durante el verano es posible encontrar que las capas superficiales de las lagunas están sobresaturadas de oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto presenta variaciones importantes en profundidad. La concentración de oxígeno disuelto es máxima en superficie, y a medida que aumenta la profundidad va disminuyendo hasta anularse. La profundidad a la que se anula el oxígeno disuelto se llama oxipausa, y su posición depende de la actividad fotosintética, el consumo de oxígeno por las bacterias y el grado de mezcla inducido por el viento. En invierno la capa oxigenada tiende a ser mucho más reducida que en verano.

8.3) Nutrientes.

Los nutrientes son fundamentales para la buena marcha del tratamiento en lagunas. A medida que progresa la depuración se va produciendo una eliminación de nutrientes que puede dar lugar a que uno o varios alcancen concentraciones limitantes para el desarrollo subsiguiente de algas o bacterias. En lagunas de estabilización el agotamiento de nutrientes solo ocurre en pocas de intensa actividad biológica, y suelen venir de la eliminación de materia orgánica hasta los niveles máximos en este tipo de tratamiento.

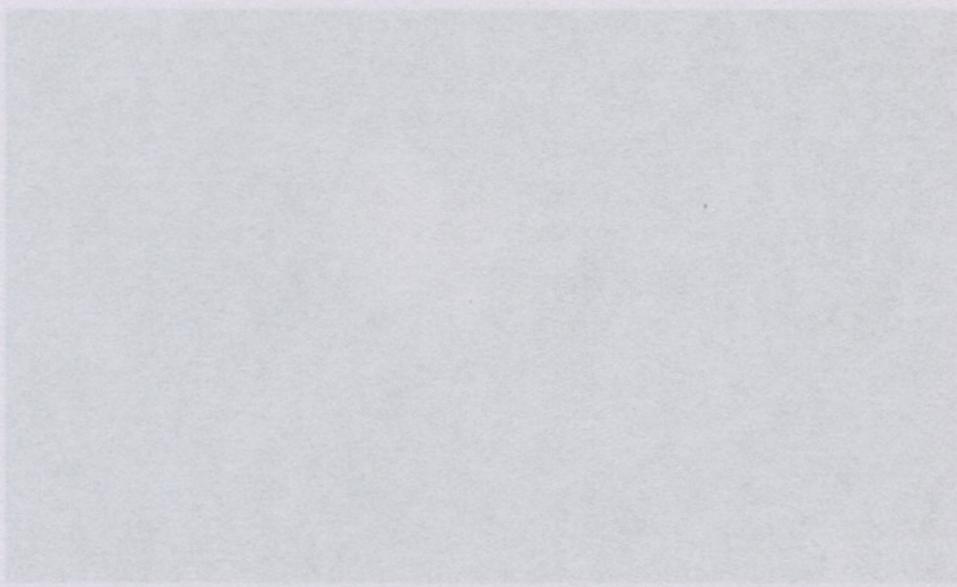


Fig. 9-2 Ubicación de Venado Tuerto

9) UBICACIÓN GEOGRÁFICA, CLIMA Y RELIEVE DE VENADO TUERTO

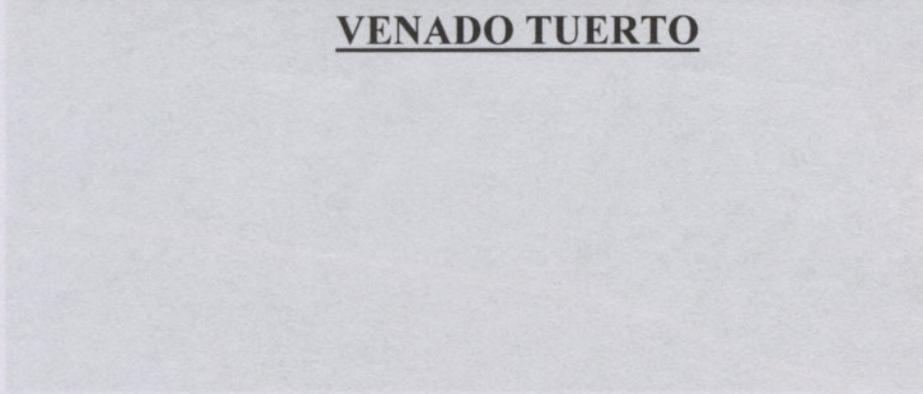


Fig. 9-2 Vista aérea de las Lagunas de estabilización

9-1) UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Venado Tuerto es una ciudad del departamento General López, ubicada al sudeste de la provincia de Santa Fe en Argentina, siendo la más importante en cuanto a cantidad de población del sur de la provincia.

Se encuentra ubicada a 335 Km de Santa Fe Capital, a 165 Km de Rosario, a 143 Km de Pergamino y a 365 Km de la Ciudad de Buenos Aires, en la intersección de las rutas 8 y 33, la cual la hacen un nexo importante en la región.



Fig. 9-2 Ubicación de Venado Tuerto

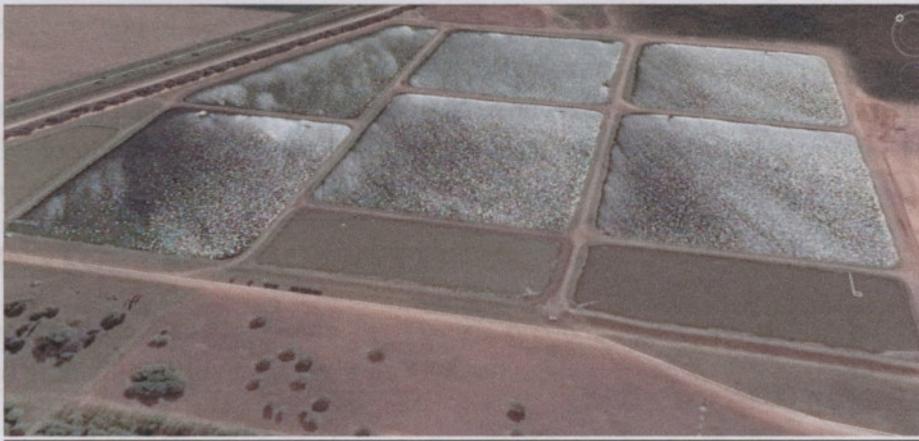


Fig. 9-2 Vista aérea de las Lagunas de estabilización

9-1) UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Venado Tuerto es una ciudad del departamento General López, ubicada al sudeste de la provincia de Santa Fe en Argentina, siendo la más importante en cuanto a cantidad de población del sur de la provincia.

Se encuentra ubicada a 335 Km de Santa fe Capital, a 165 Km de Rosario, a 143 Km de Pergamino y a 365 Km de la Ciudad de Buenos Aires, en la intersección de las rutas 8 y 33, la cual la hacen un nexo importante en la región.



9-2) CLIMA Y RELIEVE

El clima es templado, con una temperatura media anual de 16,3 grados, caracterizado por veranos cálidos y húmedos, donde se registran la mayor cantidad de precipitaciones; e inviernos frescos por las mañanas y templados por las tardes. Las heladas se producen en pocas oportunidades en invierno, y si bien se han registrado nevadas, estas ocurren muy rara vez. De acuerdo con la Clasificación climática de Köppen, la zona presenta un clima denominado Subtropical sin estación seca

Las precipitaciones se registran principalmente en los meses de verano, reduciéndose en el otoño y el invierno; y el promedio anual de lluvias para la ciudad es de unos 960 mm. Pueden haber variaciones mayores o menores dependiendo de los fenómenos de La Niña, en la cual las precipitaciones disminuyen, o El Niño en el cual las mismas aumentan.

Venado Tuerto se ubica en el centro de la gran llanura chacopampena. Su relieve es suavemente ondulado, salpicado de depresiones que alojan lagunas.

La flora que podemos encontrar es similar al resto de la llanura Pampeana, a la cual se le han introducido con el tiempo numerosas especies exóticas como eucaliptos, pinos, fresnos y paraísos. En cuanto a la zona de pastizales podemos encontrar especies como son la cebadilla criolla, paja voladora, flechilla negra, romerillo blanco, carqueja, yerba de oveja, trébol, abrojo, y manzanilla; y en las zonas de lagunas predominan las totoras, los juncos, los cañaverales y espinillos

9-3) VIENTOS PREDOMINANTES

En la localidad de Venado Tuerto los vientos predominantes son del sector N-NE y la velocidad promedio de los mismos es de 12 Km/h.



En la localidad de Venado Tuerto el sistema empleado para la depuración de los líquidos cloacales es la siguiente:

- El líquido cloacal es recolectado por la red de colecciones y concentrado en la estación de bombeo ubicada en la actual planta de agua potable.
- El líquido que continuamente ingresa a la estación de bombeo primero pasa por las rejillas y luego es impulsado por tres bombas hacia la cámara de carga ubicada en la misma planta.

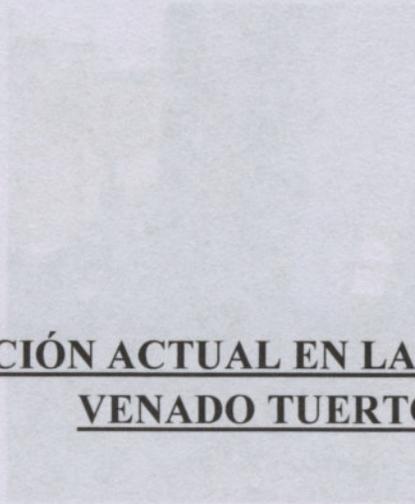


Fig. 10-1. Cámaras de impulsión

10) SITUACIÓN ACTUAL EN LA LOCALIDAD DE VENADO TUERTO.

- De la cámara de carga, por gravedad, el líquido cloacal pasa por un desarenador y luego por una cámara Parshall. Allí se miden los caudales diariamente con un sensor.



Fig. 10-2. Cámara Parshall



En la localidad de Venado Tuerto el sistema empleado para la depuración de los líquidos cloacales es la siguiente:

- El líquido cloacal es recolectado por la red de colectoras y concentrado en la estación de bombeo ubicada en la actual planta de calle Matheu.
- El líquido que continuamente ingresa a la estación de bombeo primero pasa por las rejjas y luego es impulsado por tres bombas hacia la cámara de carga ubicada en la misma planta.



Fig. 10-1. Cañerías de impulsión

- De la cámara de carga, por gravedad, el líquido cloacal pasa por un desarenador y luego por una canaleta Parshall. Allí se miden los caudales diariamente con un sensor.



Fig. 10-2. Canaleta Parshall



- Luego de atravesar la canaleta Parshall, continúa su recorrido por una canal, en cuyo fondo cuenta con un conducto, dando así nacimiento a las cloacas máximas, encargadas de trasladar el líquido hacia la planta depuradora.



Fig. 10-3. Inicio de las cloacas máximas

- El líquido conducido por las cloacas máximas y llega a una criba autolimpiante, luego es derivado a las cámaras partidoras, las cuales dividen el mismo en partes iguales y de allí ingresa a las lagunas.
- El sistema de depuración está conformado por tres lagunas en serie, las mismas son: laguna anaeróbica, laguna facultativa y por último laguna de maduración.
- Por último, el líquido depurado es conducido a una cámara de contacto, de ahí va al canal Cayetano Silva para luego llegar a la Laguna El Hinojo.



11-1) DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

La aplicación de las lagunas como método de tratamiento se dio en forma casual por lo que las primeras no se diseñaron, simplemente se usaron y funcionaron.

Es conveniente tener presente que los modelos matemáticos son una herramienta de apoyo para el diseño de algún proceso. Cabe señalar que la complejidad de las reacciones biológicas y las interacciones que se dan entre ellas dificultan, por una parte, la racionalización de los criterios y recomendaciones de diseño y, por la otra, el establecimiento de una metodología basada en un modelo matemático simple y universal para las lagunas. A pesar de ello se han establecido criterios (apoyados ya sea en modelos matemáticos, conceptualizaciones teóricas y/o en la experiencia) con los que obtienen sistemas confiables para predecir la calidad de los efluentes.

11-2) CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO

Para realizar en forma apropiada el diseño y la operación de una laguna es necesario entender claramente los conceptos básicos que intervienen en la mayoría de los criterios y recomendaciones.

11) CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS LAGUNAS.

- Carga orgánica (C_o). Es la masa de sustrato (materia orgánica medida como DBO₅ o DQO) que se aplica diariamente a la laguna y que será estabilizada en el tratamiento biológico. Su valor se expresa normalmente en kg de DBO₅ por unidad de tiempo. Se obtiene mediante

$$C_o = \frac{S_1}{Q}$$

- Carga orgánica superficial (C_s). Es la masa diaria de sustrato aplicado a la laguna por unidad de área superficial. Se expresa en kg DBO/m².d y se estima mediante

$$C_s = \frac{S_1 \cdot Q}{A}$$

- Carga orgánica volumétrica (C_v). Es la masa diaria de sustrato aplicado a la laguna por unidad de volumen y tiempo. Se expresa en kg DBO o DQO/m³.d y se calcula mediante

$$C_v = \frac{S_1 \cdot Q}{V}$$



11-1) DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

La aplicación de las lagunas como método de tratamiento se dio en forma casual por lo que las primeras no se diseñaron, simplemente se usaron y funcionaron.

Es conveniente tener presente que los modelos matemáticos son una herramienta de apoyo para el diseño de algún proceso. Cabe señalar que la complejidad de las reacciones biológicas y las interacciones que se dan entre ellas dificultan, por una parte, la racionalización de los criterios y recomendaciones de diseño y, por la otra, el establecimiento de una metodología basada en un modelo matemático simple y universal para las lagunas. A pesar de ello se han establecido criterios (apoyados ya sea en modelos matemáticos, conceptualizaciones teóricas y/o en la experiencia) con los que obtienen sistemas confiables para predecir la calidad de los efluentes.

11-2) CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO

Para realizar en forma apropiada el diseño y la operación de una laguna es necesario entender claramente el significado de los siguientes conceptos en los que se basan la mayoría de los criterios y recomendaciones:

- Carga orgánica (C_o). Es la masa de sustrato (materia orgánica medida como DBO₅, o DQO) que se aplica diariamente a la laguna y que será estabilizada en el tratamiento biológico. Su valor se expresa normalmente en kg de DBO₅, por unidad de, tiempo. Se obtiene mediante

$$C_o = \frac{S_i}{Q}$$

- Carga orgánica superficial (C_s) Es la masa diaria de sustrato aplicado a la laguna por unidad de área superficial. Se expresa en kg DBO/m².d y se, estima mediante

$$C_s = \frac{S_i \cdot Q}{A}$$

- Carga orgánica volumétrica (C_v). Es la masa diaria de sustrato aplicado a la laguna por unidad de volumen y tiempo. Se expresa en kg DBO o DQO/m³.d y se calcula mediante

$$C_v = \frac{S_i \cdot Q}{V}$$



11-3) CÁLCULO Y DISEÑO DEL CUARTO MÓDULO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

Actualmente la Cooperativa de Obras Sanitarias cuenta con tres módulos de lagunas para abastecer a toda la población. Dichos módulos fueron calculados para 75.000 habitantes.

Población año 2010: $P_{2010} = 81241$ hab.

Tasa de crecimiento 1,92%.

Cabe destacar que no toda la población está conectada al servicio, sólo el 88%. Por lo tanto la población actualmente conectada es aproximadamente 71.500 habitantes.

Cálculo de la población para el año 2017:

$$P_{2017} = P_{2010} \times (1 + r)^7$$

$$P_{2017} = 81241 \text{ hab} \times (1 + 0,0192)^7$$

$$P_{2017} = 92809 \text{ habitantes}$$

Considerando el crecimiento demográfico es necesaria la construcción de un cuarto módulo para abastecer a 25.000 habitantes.

Fuente: Cooperativa de Obras Sanitarias de Venado Tuerto.

Antes de iniciar el diseño de las lagunas veremos primero la cantidad de materia orgánica a degradar. Si tenemos en cuenta el valor aproximado de 0,043Kg DBO₅/ hab.x día (dato aportado por la COS) como valor promedio tendremos:

Carga orgánica que ingresará al IV Módulo por día:

$$25000 \text{ hab} \times 0,043 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{hab} \times \text{día}} = \boxed{1080 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}}}$$

Luego las dimensiones de cada laguna serán:

a) LAGUNA ANAERÓBICA:

Metodo utilizado: Modelo de Hermann y Gloyna

Para esta laguna se adopta una profundidad de 3m, entonces la superficie será:

$$\Omega A = \frac{\text{Cot}}{\lambda v \times h}$$



Dónde: Profundidad $h = 3\text{m}$

Carga orgánica admisible $\lambda_v = 30 \text{ Kg DBO}_5 / 1000 \text{ m}^3 \times \text{día}$

$$\text{Carga orgánica total (Cot)} = 1080 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}}$$

Entonces:

$$\Omega A = \frac{1080 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}}}{3\text{m} \times 30 \frac{\text{Kg DBO}_5}{1000\text{m}^3\text{día}}} = \boxed{12.000 \text{ m}^2}$$

Si adoptamos como largo 180 m, entonces el ancho será:

$$\text{Ancho} = 12.000\text{m}^2 : 180\text{m} = 66,67\text{m} \sim \boxed{67\text{m}}$$

Podemos observar que se mantiene, aproximadamente la relación 1:3 que es apropiada para este tipo de lagunas.

Entonces adoptamos:

Largo 180m, ancho 67m y profundidad 3m.

b) LAGUNA FACULTATIVA:

Sabemos que el rendimiento, medido en remoción de DBO_5 que se puede obtener en una laguna anaeróbica es del 50 %, por lo tanto, la carga orgánica que ingresará a la laguna facultativa será:

$$\text{Cot} = 1080 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}} \times 50\% = 540 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}}$$

Ahora la carga orgánica superficial admisible a utilizar la obtendremos mediante el modelo basado en el tiempo de reacción y su dependencia con la temperatura (Modelo de Hermann y Gloyna), la cual se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{CSa} = 285,7 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{Ha.m.día}} \times h \times (\theta)^{T-35}$$

Dónde:

$285,7 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{Ha.m.día}}$ = Valor calculado para valores de DBO_5 diferentes a 200mg/l , período de retención de 7 días y conversiones de unidades, según eficiencia en lagunas experimentales.



CSa= carga superficial en Kg DBO5/Ha x día

h= 1,60m =tirante de la laguna

T= 20°C = temperatura media del agua en invierno.

Fijamos los siguientes valores:

h= 1,60 m.

$\theta = 1,085$ = Valor recomendado para el coeficiente de temperatura (adimensional), factor de Arthenius.

Entonces tenemos:

$$CSa = 285,7 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{Ha. m. día}} \times 1,6\text{m} \times (1,085)^{20-35} = 134,46 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{Ha x día}}$$

Por lo tanto la superficie necesaria será igual a:

$$\Omega F = \frac{\text{Cot}}{\text{Csa x h}}$$

$$\Omega F = \frac{540 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}}}{134,46 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{Ha x día}}} \times 10.000\text{m}^2/\text{Ha} = 40.160,6 \text{ m}^2$$

Si mantenemos el ancho de 180m el largo resulta:

$$\text{Largo} = 40160,6\text{m}^2 : 180\text{m} = 223\text{m}$$

Valores que satisfacen la relación 1:2 que debe cumplir este tipo de lagunas.

c) LAGUNA AERÓBICA:

Teniendo presente la serie técnica N° 7, Avances en el Tratamiento de Aguas Residuales por Lagunas de Estabilización, de la O. P. S. (pág. 45), donde se sugiere que para obtener una satisfactoria remoción de microorganismos, por ejemplo un nivel de coliformes de 103/100ml, si el líquido atraviesa tres lagunas en serie la permanencia debe ser de 31 días cuando la temperatura media del agua es de 20°C.

Con este criterio obtendremos el tiempo de permanencia de la laguna aeróbica para obtener luego sus dimensiones.

Volumen laguna anaeróbica: 180m x 67m x 3m = 36.180 m3.



Volumen laguna facultativa= 180 m x 223 m x 1,6 m= 64.224 m³.

El caudal medio del día de máximo consumo que circulará por el módulo es:

$$Q_m = 58,5 \frac{l}{\text{seg}} \cdot 86400 \frac{\text{seg}}{\text{día}} \cdot 0,001 \frac{\text{m}^3}{l} \rightarrow \boxed{Q_m = 5054 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} \text{ (Dato aportado por la COS)}$$

La permanencia en las dos primeras lagunas (θ_a) es:

$$\theta_a = \frac{V}{Q_m} = \frac{100404 \text{m}^3}{5054 \text{m}^3/\text{día}} \cong 20 \text{ días}$$

Dónde:

θ_a = tiempo de retención hidráulico

V= volumen de las lagunas anaeróbicas y facultativas.

Q_m = caudal medio del día de máximo consumo

P = Permanencia laguna aeróbica: P=31 d - 20 d = 11 días.

Por lo tanto el volumen de la masa de agua de la laguna será:

$$V = Q \times P = 5054 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 11 \text{ días}$$

$$\boxed{V = 55.594 \text{m}^3}$$

Adoptamos un tirante de 1,5m, entonces la superficie necesaria será:

$$\Omega M = \frac{55594 \text{m}^3}{1,50 \text{m}} = 37.062,67 \text{m}^2 \cong \boxed{\Omega M = 37.063 \text{m}^2}$$

Si mantenemos el ancho de 180m el largo será:

$$\text{Largo} = 37063 \text{m}^2 : 180 \text{m} \cong \boxed{205 \text{m}}$$



12-1) SELECCIÓN DEL SITIO

La ubicación de un sistema de lagunas está en su mayor parte determinada por la posición del colector terminal y también por la disponibilidad de terreno. Es muy importante la dirección prioritaria del viento, no solo para mitigar los malos olores, sino porque tiene un papel importante en la aeración de lagunas anaeróbicas y facultativas.

El área a escogerse debe ser suficientemente plana, de modo que evite un excesivo movimiento de tierras, que es el ítem más caro de este tipo de instalaciones.

Deben ubicarse en un área suficientemente extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a torremas y avenidas; en el caso de no ser posible, deberán proyectarse obras de protección. El área deberá estar lo más alejada posible de centros poblados considerando las siguientes distancias:

- 500 m como mínimo para tratamientos anaeróbicos.
- 200 m como mínimo para lagunas facultativas.

12) CONSTRUCCIÓN DE LAS LAGUNAS.

El proyecto debe considerar las obras de protección que cubren al sistema de tratamiento.

Para las lagunas anaeróbicas se recomiendan formas cuadradas o ligeramente rectangulares. Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea 2.

Se recomienda poner el eje longitudinal de las lagunas paralelo al viento y así maximizar la mezcla, además de la salida en la dirección del viento. Se debe ubicar la entrada y la salida de modo de maximizar la distancia.

Una vez definido en un plano la ubicación de las lagunas, se procederá a clavar el replanteo en el terreno, siguiendo estrictamente las indicaciones de los planos, en cuanto a distancias, curvas, etc. Se colocarán estacas indicando el corte o el relleno necesarios para lograr el nivel de obra terminado. Se realizará el desmonte, que consiste en el corte y desmontado de árboles, arbustos, hierbas o cualquier otro tipo de vegetación, y su retiro. Todo este material removido debe sacarse fuera de los límites del predio de la instalación de tratamiento y de sus accesos.

12-2) FORMA DE LAS LAGUNAS.

Aun cuando la forma superficial de la laguna puede ser cualquiera, lo común es que sea de una geometría simple (rectangular o cuadrada), con las esquinas redondeadas para permitir el uso de maquinaria pesada y facilitar la construcción.

Lo ideal es que la relación ancho/largo de la laguna sea lo mayor posible para asegurar que el funcionamiento hidráulico corresponda a un régimen de flujo tipo pistón, además de



12-1) SELECCIÓN DEL SITIO

La ubicación de un sistema de lagunas está en su mayor parte determinada por la posición del colector terminal y también por la disponibilidad de terreno. Es muy importante la dirección prioritaria del viento, no solo para mitigar los malos olores, sino porque tiene un papel importante en la aeración de lagunas anaeróbicas y facultativas.

El área a escogerse debe ser suficientemente plana, de modo que evite un exagerado movimiento de tierras, que es el ítem más caro de este tipo de instalaciones.

Deben ubicarse en un área suficientemente extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a torrentes y avenidas; en el caso de no ser posible, deberán proyectarse obras de protección. El área deberá estar lo más alejada posible de centros poblados considerando las siguientes distancias:

- 500 m como mínimo para tratamientos anaeróbicos;
- 200 m como mínimo para lagunas facultativas.

El proyecto debe considerar un área de protección alrededor del sistema de tratamiento.

Para las lagunas anaeróbicas se recomiendan formas cuadradas o ligeramente rectangulares. Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea 2.

Se recomienda poner el eje longitudinal de las lagunas paralelo al viento y así maximizar la mezcla, además de la salida en la dirección del viento. Se debe ubicar la entrada y la salida de modo de maximizar la distancia.

Una vez definidos en un plano la ubicación de las lagunas, se procederá a efectuar el replanteo en el terreno, siguiendo estrictamente las indicaciones de los planos, en cuanto a distancias, rumbos, etc. Se colocarán estacas indicando el corte o el relleno necesarios para lograr el nivel de obra terminado. Se realizará el desmonte, que consiste en el corte y desenraizado de árboles, arbustos, hierbas o cualquier otro tipo de vegetación, y su retiro. Todo este material removido debe sacarse fuera de los límites del predio de la instalación de tratamiento y de sus accesos.

12-2) FORMA DE LAS LAGUNAS.

Aun cuando la forma superficial de la laguna puede ser cualquiera, lo común es que sea de una geometría simple (rectangular o cuadrada), con las esquinas redondeadas para permitir el uso de maquinaria pesada y facilitar la construcción.

Lo ideal es que la relación ancho/largo de la laguna sea lo mayor posible para asegurar que el funcionamiento hidráulico corresponda a un régimen de flujo tipo pistón, además de



evitar los cortos circuitos o las zonas muertas. La forma rectangular con una relación de 2:3 es la más común, debido a la dificultad que existe para construir una laguna muy larga. Para imitar el flujo pistón, se usa dividir el área en varias secciones por medio, de mamparas.

Las lagunas se deben construir con su mayor dimensión paralela a la dirección del viento predominante, de tal forma que se aproveche el mezclado.

12-3) MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Tanto el movimiento de tierras como el diseño de los diques, debe ser efectuado con la asesoría de ingenieros de mecánica de suelos; se deben realizar las perforaciones necesarias para caracterizar el tipo de suelo del lugar escogido para la ubicación de las lagunas.

Una vez caracterizado el material del suelo y determinado el material necesario para la conformación del fondo y diques, se debe estudiar cuidadosamente el manejo de los estratos. Las lagunas de estabilización se construyen procurando que el movimiento de tierra sea compensado; es decir, que la excavación produzca el material necesario para los diques. En otras palabras, el corte debe igualar al relleno. Este aspecto es de vital importancia para la economía del proyecto ya que generalmente el movimiento de tierras supera el 80% del costo de la obra.

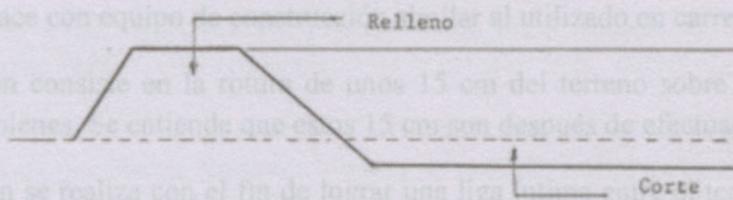


Fig. 12-1. Ejemplo de movimiento de suelos en la construcción de las lagunas.

El desbroce consiste en el retiro del material que se considera inapropiado, ya sea para el fondo de la laguna o para la fundación de los diques, tuberías u obras de arte.

Generalmente, es la capa vegetal la que debe retirarse. En algunos casos, el desbroce obliga a excavar por debajo de los límites previstos en el proyecto, obligando a reemplazar el material extraído por debajo de la subrasante, por material apropiado, el cual debe ser compactado cuidadosamente.

Ancho de la corona

La corona de los bordes no debe tener un ancho menor que el requerido para que el equipo de compactación pueda trabajar en buenas condiciones (generalmente más de 5 m). Además, debe ajustarse a las necesidades de tránsito para la operación de las lagunas. El



ancho útil no incluye los sobre espesores de material sin compactar que suelen agregarse a la sección de proyecto, ni la protección contra oleaje. Conviene ser generoso en la selección del ancho para evitar accidentes, durante y después de la construcción. En cuanto al asentamiento de la corona, éste depende del tipo de material empleado para la cimentación y para la, construcción del borde y es función de la posibilidad de llegar a la saturación de los mismos. El asentamiento se estima con las técnicas usuales de mecánicas de suelos o mediante relaciones empíricas.

Borde libre

El borde libre es la distancia vertical entre el nivel de la corona y el nivel máximo normal del líquido. Por otra parte, las lluvias, por abundantes y prolongadas que sean, solamente pueden provocar una elevación de nivel del orden de algunos centímetros.

Por lo general, las lagunas menores a 2 ha no están expuestas a la acción del viento.

Generalmente, un valor del orden de 50 cm es el mínimo margen de seguridad aceptable.

12-4) EXCAVACIÓN Y ESCARIFICACIÓN.

Las excavaciones se ejecutan con el objeto de obtener los niveles deseados para el fondo, así como para formar las secciones del proyecto. Algunas entidades admiten una tolerancia máxima de 10 cm. entre los cortes proyectados y los ejecutados. Por lo general, la excavación se hace con equipo de construcción similar al utilizado en carreteras.

La escarificación consiste en la rotura de unos 15 cm del terreno sobre el cual se van a formar los terraplenes. Se entiende que estos 15 cm son después de efectuado el desbroce.

La escarificación se realiza con el fin de lograr una liga íntima entre el terreno natural y el material de los terraplenes.

Mientras se realicen los trabajos de excavación y formación de terraplenes, las obras en construcción deberán tener asegurado un buen desagüe pluvial en todo tiempo.

Todos los taludes deben ser conformados y perfilados con las pendientes indicadas en los planos. En todos los casos en que las condiciones lo permitan deberán redondearse las aristas.

Durante la construcción se protegerá la obra de los efectos de la erosión, socavaciones, derrumbes, etc., por medio de cunetas o zanjas provisionarias.

12-5) FORMACIÓN DE TERRAPLENES.



Una vez concluidos el desbroce y la escarificación, los terraplenes se construyen con el material producto de las excavaciones, el cual deberá ser previamente ensayado.

Para la confección de la solera y taludes de las lagunas se deberá compactar el terreno en capas no mayores de 0,20m. hasta un grado de compactación del 95% del Ensayo Proctor AASHO - T - 99.

ENSAYO PREVIO: Tendrá por objeto determinar el contenido de humedad del suelo, con el cual se obtiene el máximo peso específico aparente de compactación según este ensayo. La muestra del suelo a ensayar será tamizada sobre la de 3/8" previo desmenuzamiento de la fracción cohesiva, hasta un tamaño equivalente al tamiz N° 4. La fracción librada por la criba de 3/8", será compactada dentro de un molde cilíndrico metálico en tres capas de igual espesor, hasta llenar el molde. Este tendrá 0,10m. de diámetro y 0,12m. de altura. Cada capa será compactada con un pisón de 2kg. de peso y 0,05m. de diámetro de la base, el cual se dejará caer 25 veces desde una altura de 0,30m. El molde será colocado sobre una base firme durante la compactación del suelo. Conocido el volumen del molde, el peso del suelo dentro de él y su contenido de humedad, se calcula el peso específico aparente del suelo seco. El ensayo se repite con la muestra de diferente contenido de agua hasta encontrar el por ciento de agua, con el cual se obtiene el máximo peso específico aparente para las condiciones de este ensayo. Este porcentaje de agua será el contenido óptimo de humedad de compactación correspondiente a la fracción librada por la criba de 3/8".

MÉTODO DE COMPACTACIÓN:

A) Cada capa de suelo será colocada y compactada hasta obtener los valores de pesos específicos aparente máximo del suelo seco que la criba de 3/8" determinada por el ensayo de compactación.

1) Para toda porción de terraplén situada no más de 0,60m de profundidad a contar desde el coronamiento se exigirá el cien por ciento (100%) del máximo correspondiente al ensayo previo indicado precedentemente.

2) Para la porción de terraplén situada a más de 0,60m de profundidad a contar desde la misma superficie se exigirá el 95% del máximo correspondiente.

B) El contenido de humedad en el suelo será ajustado a un valor que se halle comprendido entre 80 y 110 por ciento del contenido "óptimo" de humedad de compactación determinado con el ensayo antes mencionado. Cuando el contenido de humedad en el suelo sobrepase el límite superior especificado, el suelo de cada capa será trabajado con rastra u otros equipos, o dejados en reposo hasta que, por evaporación, pierde el exceso de humedad. Cuando el contenido natural de humedad en el suelo se halle por debajo del límite inferior especificado, deberá agregarse al mismo la cantidad de agua necesaria para lograr un contenido dentro de los límites especificados. El contenido de agua en el suelo deberá ser uniforme en todo el espesor y el ancho de la capa a compactar, si fuese necesario, el suelo será trabajado con equipos y otros medios, a fin de lograr uniformidad. La adición, de agua podrá efectuarse en el lugar de excavación del suelo o en el Sitio de



depósito sobre el terraplén. En ambos casos el agua podrá distribuirse con camiones regadores, con instalación de cañerías y mangueras o con otro procedimiento apropiado. El equipo de distribución de agua deberá, ser tal que sea posible la medición de la cantidad de agua regada.

En la compactación de terraplenes en las proximidades de estructuras, en donde no pueda actuar eficazmente el rodillo, será ejecutada en capas de espesor especificado y cada una de ellas compactada con pisón a mano. Estos deberán tener una superficie de apisonado de 200cm². Si fuera necesario será humedecido el suelo a fin de asegurar una compactación a la densidad especificada.

Se recomienda extraer una capa de 0,40m de tierra vegetal, para utilizar luego en los taludes, para facilitar el crecimiento del pasto.

En general, los diques de tierra hechos con material con alto contenido de arcilla logran una buena estabilidad con una pendiente adecuada. En todo diseño deberá darse a los diques la pendiente que garantice su estabilidad total.

Con la finalidad de mantener al mínimo la erosión causada por olas provocadas por el viento, la pendiente del dique en el lado húmedo debe ser suave, más o menos 1 en la parte vertical a 3 en la parte horizontal. Los taludes más empinados pueden ser adoptados en el caso de suelos muy duros y si se utiliza un revestimiento protector en la interfase. El borde libre recomendado, según reglamento, para las lagunas de estabilización es de 0.5 m.

La coronación del dique debe ser hecha lo suficientemente ancha como para permitir el fácil tráfico de vehículos. En las lagunas, sobre todo en las primarias, el ancho debe ser tal que permita la circulación del equipo pesado, tanto en la etapa de construcción como durante la remoción de lodos. Un ancho de 2.5 m es el adecuado aunque pueden usarse diques más pequeños para instalaciones menores. Las esquinas de los diques deben redondearse para minimizar la acumulación de natas y desarrollo de corrientes secundarias.

Después de compactada cada capa de terraplén, se determinará el peso específico aparente del suelo seco, sobre muestras extraídas de los lugares que considere conveniente, y deducirá de los resultados la influencia en el peso del material pétreo retenido por la criba de 3/8" que contenga dicho suelo.

Con este propósito se aplicará la siguiente fórmula:

$$DSs = \frac{Pst - Psp}{Vt - Vn}$$

Dónde:

DSs = Peso específico aparente del suelo seco librado por la criba 3/8".



Pst = Peso seco de la muestra total (ambas fracciones).

Psp = Peso seco del material pétreo retenido por la criba de 3/8".

Vt = Volumen total de la muestra extraída.

Vn = Volumen neto (incluidos vacíos por porosidad de material pétreo retenido por la criba 3/8").

Este valor **DSs** así hallado, debe satisfacer en todos los casos las condiciones establecidas en el método de compactación.

12-6) REVESTIMIENTO.

a) Impermeabilización del fondo.

Los estudios de conductividad hidráulica y permeabilidad del material encontrado en el fondo, serán los que indiquen si a éste se le deberá hacer algún tratamiento especial o revestirlo con algún material impermeable natural (arcilla) o artificial (membranas sintéticas).

Al efectuar los estudios de permeabilidad, deberá tomarse en cuenta que las aguas residuales tienden a disminuir la conductividad hidráulica de los suelos. Esto es especialmente importante en el caso de las lagunas primarias.

Si la tierra es muy permeable teóricamente puede suceder que la laguna nunca complete su llenado debido a la infiltración a través del fondo. En este caso, el nivel del agua se mantiene en un punto donde la carga estática, encima del fondo, es suficiente para lograr la entrada del fluido en la tierra porosa subyacente. En la práctica, esta situación se supera con facilidad durante la puesta en marcha de las lagunas anaerobias o primarias. La retención se torna más difícil en el caso de lagunas secundarias o de maduración por la naturaleza de los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales tratadas.

En muchos casos pueden evitarse sorpresas desagradables por medio de un análisis granulométrico del suelo y pruebas de infiltración, pero a pesar de ello, los resultados obtenidos son frecuentemente engañosos y las fallas pueden ser detectadas algunas veces sólo después de que los trabajos se han completado.

De cualquier modo, si se decide construir una laguna en tierra relativamente porosa, la superficie de la unidad debe ser hecha impermeable por medio de una capa compacta mínima de 0.10 m de tierra arcillosa transportada de un sitio cercano. A primera vista no parece mucho, pero una hectárea requiere 1,000 m³ de revestimiento de arcilla compactada.

Los revestimientos de polietileno y de vinilo han sido utilizados en algunas ocasiones pero el costo es relativamente alto en países en desarrollo. Los recubrimientos de plástico se



utilizan por lo general en unidades relativamente pequeñas y más que nada en lagunas aereadas mecánicamente. En el caso de suelos con más de 70% de material granular por peso (grava o arena), el uso de suelo-cemento es una alternativa, pero se tiene que tener en cuenta el aspecto económico.

Otra alternativa es mejorar los suelos locales con la aplicación bentonita.

La bentonita es una arcilla que tiene la capacidad de expandirse con la humedad y disminuir considerablemente la permeabilidad del suelo. El espesor mínimo es de 10 cm, mezclado con tierra, con la proporción 5 a 10% de bentonita. En el caso de efluentes se recomienda 20 cm.

Para su aplicación se debe roturar el suelo en un espesor de 10cm lo más disgregado posible. Utilizar para ello rastra de disco, no deben quedar cascotes grandes sin romper. Luego distribuir la bentonita manualmente (espolvorear el material) y homogéneamente en una proporción de 8 Kg/m². Se vuelve a pasar la rastra de disco para que la bentonita se mezcle e introduzca en el espesor de 10 cm. Se humedece a humedad Proctor y luego se compacta. Lo ideal para este trabajo es el rolo pata de cabra.

b) Revestimiento de taludes.

Las técnicas comunes para controlar la erosión incluyen:

- Cubrir con vegetación, se debe considerar el tipo de plantas, la pendiente del suelo y el espesor de suelo superficial
- Emplear revestimientos, pueden ser de asfalto, concreto o membranas sintéticas
- Usar rompeolas,

En términos generales, el revestimiento de un talud suave es innecesario. Para este propósito se recomienda pendientes de 1 en la vertical y 3 ó 4 en la horizontal. En este caso las olas que resultan de la fricción del viento reventarán en el talud aligerándose, pero ello no significa que no dañe el talud. En caso de pendientes más pronunciadas el revestimiento puede hacerse obligatorio.

Aparentemente, el revestimiento de piedra es lo más recomendable para el talud, siempre y cuando el material rocoso se pueda adquirir a bajo costo, colocándose una parte por encima y otra por debajo del nivel del agua las piedras de diferentes tamaños y formas se acomodan manualmente sin unirlas con mezcla. El empedrado es un medio efectivo contra la erosión y la maleza.

El área empedrada deberá tener 0.15 m de espesor y su altura ser mayor a la prevista para las olas. El ancho mínimo recomendable es de 1 m, siendo 0.5 m por encima y 0.5 m por debajo del nivel de las aguas cuando están tranquilas.



Es probable que el empedrado acumule grasa y otros materiales flotantes. Por este motivo algunas personas se inclinan a usar losas de concreto o un revestimiento de ladrillo, a pesar de ser más costosos, a fin de lograr una superficie más plana.

Es importante recalcar que el plantar árboles de gran envergadura en las cercanías de la laguna puede, hasta cierto punto, reducir la fricción causada por el viento. El efecto de mezcla y de difusión del oxígeno fotosintético en las lagunas depende en su mayor parte de las corrientes inducidas por el viento. Por lo tanto, el viento resulta, más que un perjuicio, un beneficio. Ante la presencia de arena en el viento se pueden utilizar trampas, que consisten, básicamente, en muros periféricos que permitirán la precipitación de la arena.

12-7) OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL.

Las lagunas tienen requerimientos operacionales y de mantenimiento mínimo que, sin embargo, deben revisarse y cumplirse periódicamente, por el operador, con el objeto de eliminar problemas que frecuentemente se presentan en este tipo de plantas.

1. Arranque.

Antes de poner en servicio una laguna se debe realizar una inspección cuidadosa de la misma a fin de verificar la existencia de las condiciones siguientes:

- Ausencia de plantas y vegetación en el fondo y en los taludes interiores de la laguna.
- Funcionamiento y estado apropiado de las unidades de entrada, rejilla, unidades de aforo, unidades de paso y salida.

En el procedimiento para poner en funcionamiento las lagunas de estabilización se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos generales.

- En lo posible las lagunas se deben de arrancar en el verano, pues a mayor temperatura se obtiene mayor eficiencia de tratamiento y menor tiempo de aclimatación.
- El llenado de las lagunas debe hacerse lo más rápidamente posible, para prevenir el crecimiento de vegetación emergente y la erosión de los taludes si el nivel del agua permanece por debajo del margen o tratamiento protegido.
- Para prevenir la generación de malos olores y el crecimiento de vegetación, las lagunas deben llenarse, por lo menos, hasta un nivel de operación de 0.6 m.

2. Operación y mantenimiento.

La operación y el mantenimiento de las lagunas de estabilización tiene como objetivos básicos lo siguientes:

2- Impacto del desvío en el funcionamiento del sistema



- Mantener limpias las estructuras de entrada, interconexión y salida.
- Mantener las en las lagunas facultativas primarias un color verde intenso brillante, el cual indica el pH y el oxígeno disuelto alto.
- Mantener libre de vegetación la superficie del agua.
- Mantener adecuadamente podados los taludes para prevenir problemas de insectos y erosión.
- Mantener un efluente con concentraciones mínimas de DBO y sólidos suspendidos.

Las labores típicas de operación y mantenimiento incluyen:

- Mantener limpia la rejilla en todo momento, remover el material retenido, desaguarlo y enterrarlo diariamente. Es recomendable medir el volumen diario de material dispuesto.
- Mantener controlada la vegetación de los diques impidiendo su crecimiento más allá del nivel del triturado o grava de protección contra la erosión.
- Remover toda la vegetación emergente en el talud interior de las lagunas.
- Detecciones Sensoriales: Olores y Colores

Las detecciones de malos olores y colores son muy importantes para conocer el grado de funcionamiento de las lagunas. El operador debe estar pendiente de los olores y los colores que sean extraños a los que deben existir normalmente en las lagunas. Las lagunas facultativas y de maduración no deben tener olores fuertes si están funcionando bien. El color del agua residual en la entrada de una laguna facultativa normalmente debe ser gris; el color de las aguas a la salida de las lagunas facultativas y de maduración es verde brillante por la concentración de algas presentes.

- Medición de la Profundidad de Lodos

La única forma de verificar los cálculos de acumulación de lodos es efectuar mediciones en las lagunas primarias (facultativas o anaeróbicas) con una frecuencia de una vez por año. Se mide la acumulación de lodos al sumergir un palo suficiente largo para la profundidad de la laguna. Antes que la profundidad de los lodos llega a 0.5m, y preferiblemente 0.3m, y antes de que se ocupen 25% del volumen de la laguna, se debe planificar una limpieza durante la próxima época de secas.

- Limpieza de las lagunas
 - 1- Desvío del afluente a otra laguna

Dependiendo sobre el diseño de la instalación, el desvío puede ser a otra batería de laguna primaria en paralelo, o si no existe, a una laguna secundaria. El desvío debe ser por gravedad y no bombeo.

- 2- Impacto del desvío en el funcionamiento del sistema



Se debe calcular el impacto del desvío en el funcionamiento del sistema, lo cual estaría sobrecargada durante un período de 2 o 3 meses. Porque el secado ocurre durante los meses más calurosos, el impacto debe ser mínimo porque las lagunas tendrán mayor capacidad de tratamiento durante esta época en términos de la carga orgánica.

3- Secado de lodos.

Se debe especificar los meses seleccionados y el tiempo máximo del secado de modo que los lodos secan en el período más rápido que sea posible.

4- Método de sacar los lodos secados.

El método más apropiado de sacar los lodos es por cargadores frontales con rueda de goma o con orugas; en instalaciones pequeñas es posible también sacar los lodos manualmente con palas y caretillas. En algunos casos, dependiendo sobre el tamaño de la laguna, es posible sacar los lodos con una excavadora o draga. Es fundamental que el equipo no dañe la capa de arcilla al fondo de la laguna.

Inicialmente todos los lodos estarán muy contaminados con huevos de helmintos, la mayoría del tiempo es mejor enterrar los lodos en trincheras o excavaciones con una cobertura mínima de 25 cm, sin exposición de trabajadores, y prohibir la siembra de cultivos de raíces comestibles encima de los lodos enterrados, se debe reservar un área en la instalación donde se puede almacenar los lodos en pilas por un tiempo mínimo de un año.

Los lodos se inactivan con cal, ya que ésta contiene un pH alcalino fuerte que ataca a las bacterias. Antes de mover los lodos para cualquier reúso se debe verificar que no contienen huevos vivos de helmintos por un análisis microbiológico.



13.1 Entrada y salida de lagunas

Para el diseño de los vertederos de las cámaras de salida y de los conductos de las distintas lagunas tendremos presente el caudal que ingresará al módulo, o sea 90 l/seg. (Dato aportado por la Cooperativa de Obras Sanitarias).

En general, el tipo de entrada debe ser lo más simple posible y no muy alejado del borde de los taludes.

Existe bastante controversia en cuanto si la tubería de entrada a una laguna debe ir sumergida o sobre el nivel del agua (ver figura 13.1). Los argumentos a favor de las tuberías sumergidas son su bajo costo y sencillos métodos de construcción. Los argumentos en su contra son: el asentamiento de fodo en caudales bajos con la consecuente obstrucción de la tubería y la aparición de material asentado alrededor de la desembocadura.

13) CÁLCULO DE LAS CONEXIONES INTERLAGUNARES Y CONDUCTO DE SALIDA.



Figura 13.1. Entrada sumergida y entrada sobre el nivel del agua.

Los argumentos a favor de las tuberías elevadas son la ausencia de obstrucciones con caudales bajos porque se aseguran velocidades mínimas mediante secciones de flujo parcial, mientras que los canales sumergidos están siempre llenos. El efecto de mezcla y las condiciones de dispersión del afluente en el cuerpo de agua se aseguran debido a la turbulencia originada por la caída del afluente. El control visual de los caudales aproximados es posible desde cualquier punto de la coronación del dique. Uno de los argumentos en contra es el costo más alto, debido a los soportes para las tuberías.

Por otro lado, para tuberías es conocida la práctica de diseñar las tuberías o alcantarillas de manera que la velocidad en las mismas no sea menor de 0.5 m/s ni mayor a 1m/s, con el fin de evitar el depósito y acumulación de sedimentos. Cuando las lagunas están sometidas a



13.1 Entrada y salida de lagunas.

Para el diseño de los vertederos de las cámaras de salida y de los conductos de las distintas lagunas tendremos presente el caudal que ingresará al módulo, o sea 90 l/seg. (Dato aportado por la Cooperativa de Obras Sanitarias).

En general, el tipo de entrada debe ser lo más simple posible y no muy alejado del borde de los taludes.

Existe bastante controversia en cuanto si la tubería de entrada a una laguna debe ir sumergida o sobre el nivel del agua (ver figura 13.1). Los argumentos a favor de las tuberías sumergidas son su bajo costo y sencillos métodos de construcción. Los argumentos en su contra son: el asentamiento de lodo en caudales bajos con la consecuente obstrucción de la tubería y la aparición de material asentado alrededor de la desembocadura.

13.2 Cálculo del conducto de entrada a Laguna anaeróbica.

Para el diseño de la tubería de entrada a la laguna anaeróbica, bajo la sola influencia de la gravedad, se debe considerar la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}}{n}$$

Dónde:

- A = sección transversal del conducto en m².
- R = radio hidráulico, en m. = Área mojada / Perímetro mojado (un cuarto del diámetro para conductos circulares a sección llena)
- J = pendiente del conducto en m/m.
- n = coeficiente de rugosidad.

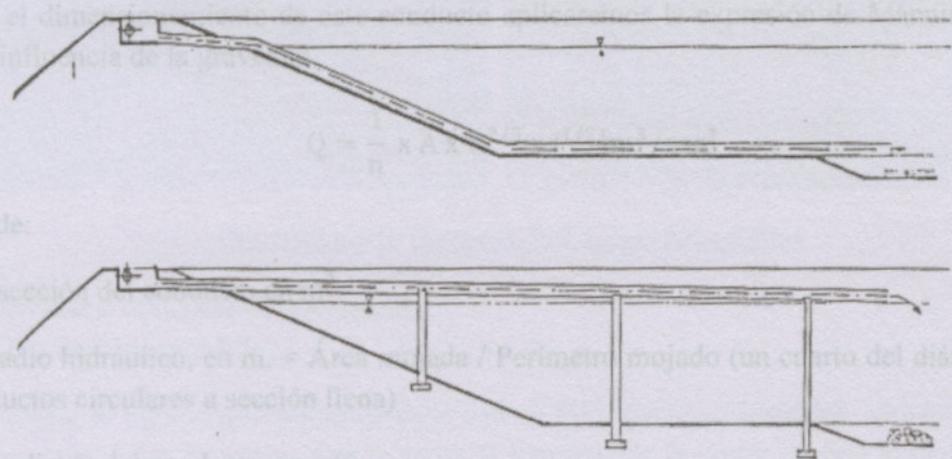


Figura 13.1. Entrada sumergida y entrada sobre el nivel del agua.

Los argumentos a favor de las tuberías elevadas son la ausencia de obstrucciones con caudales bajos porque se aseguran velocidades mínimas mediante secciones de flujo parcial, mientras que los canales sumergidos están siempre llenos. El efecto de mezcla y las condiciones de dispersión del afluente en el cuerpo de agua se aseguran debido a la turbulencia originada por la caída del afluente. El control visual de los caudales aproximados es posible desde cualquier punto de la coronación del dique. Uno de los argumentos en contra es el costo más alto, debido a los soportes para las tuberías.

Por otro lado, para tuberías es conocida la práctica de diseñar las tuberías o alcantarillas de manera que la velocidad en las mismas no sea menor de 0.5 m/s ni mayor a 1m/s, con el fin de evitar el depósito y acumulación de sedimentos. Cuando las lagunas están sometidas a



caudales muy pequeños, la observancia de esta regla llevaría a diámetros muy pequeños con el consiguiente peligro de que se obstruyan por la presencia de flotantes y otro tipo de cuerpos extraños. En tales casos, se ha optado por no usar tuberías menores de 0.20 m de diámetro, y resolver el problema de la acumulación de sedimentos mediante la operación oportuna de compuertas por períodos cortos, que hagan pasar por estas tuberías caudales mayores que el afluente.

En el caso ingresos sobre el nivel, se debe realizar un revestimiento de piedra de aproximadamente 1 x 2 m justo debajo de la boca de la tubería para evitar la socavación del fondo de la laguna durante la fase de llenado. También se suelen colocar canaletas Parshall o alguna estructura de medición de caudales al ingreso para verificar la eficiencia de las lagunas, el caudal que se evapora, etc.

En este caso se optó por la construcción de tuberías elevadas.

13.2 Cálculo del conducto de entrada a Laguna anaeróbica.

Para el dimensionamiento de este conducto aplicaremos la expresión de Manning, bajo la sola influencia de la gravedad.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times i^{1/2} [\text{m}^3/\text{seg}]$$

Dónde:

A = sección del conducto en m².

R= radio hidráulico, en m. = Área mojada / Perímetro mojado (un cuarto del diámetro para conductos circulares a sección llena)

j= pendiente del conducto en m/m.

n= coeficiente de Manning de rugosidad del material= 0,014

Tomamos un conducto de 0,350m de diámetro, para lo cual si reemplazamos los valores en la fórmula anterior y despejando j tendremos:

$$j = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^{2/3}} \right)^2 [\text{m/m}]$$

Dónde:

b= ancho del vertedero

Q=caudal

h= tirante líquido o carga

$$j = \left(\frac{0,09 \text{ m}^3/\text{seg} \times 0,010}{0,096 \text{ m}^2 \times (0,088 \text{ m})^{2/3}} \right)^2 = \boxed{0,002 \text{ m/m}}$$

Reemplazando valores y despejando tenemos:



$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,09 \frac{m^3}{seg}}{0,096m^2} \rightarrow \boxed{V = 0,94 m/seg}$$

Verificamos así que la velocidad es la recomendada para evitar depósito y acumulación de sedimentos.

La cañería que utilizamos para el ingreso de los efluentes es de PVC, por lo tanto debe ser protegida ya que los rayos del sol la perjudican, para ello utilizaremos un protector de chapa galvanizada.

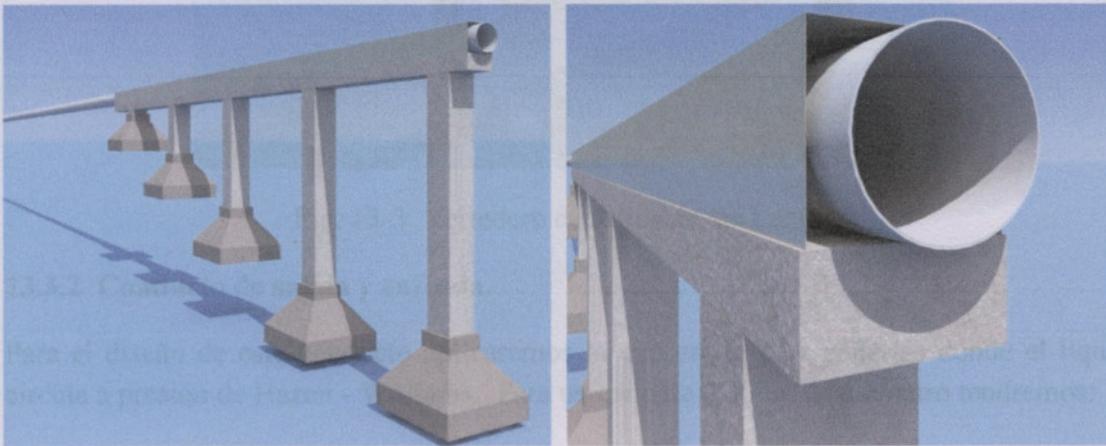


Fig.13-2 a y b. Ingreso a la Laguna Anaeróbica

13.3 Salidas y entradas de las lagunas.

13.3.1 Cámara de salida:

Para captar el líquido que saldrá de cada una de las lagunas se instalará una cámara de 2m de largo por 1,5m de ancho. Por lo tanto la longitud de la cresta de este vertedero es: $b=7m$.

Para determinar el tirante líquido sobre la cresta, para vertedero de pared intermedia, aplicaremos la siguiente expresión (Fórmula de Francis):

$$Q = 1,46 \times b \times h^{3/2}$$

Dónde:

b = ancho del vertedero

Q =caudal

h = tirante líquido o carga hidráulica.

Reemplazando valores y despejando tenemos:



$$h = \left(\frac{0,09 \text{ m}^3/\text{seg}}{1,46 \times 7\text{m}} \right)^{2/3} = \boxed{0,04\text{m}}$$

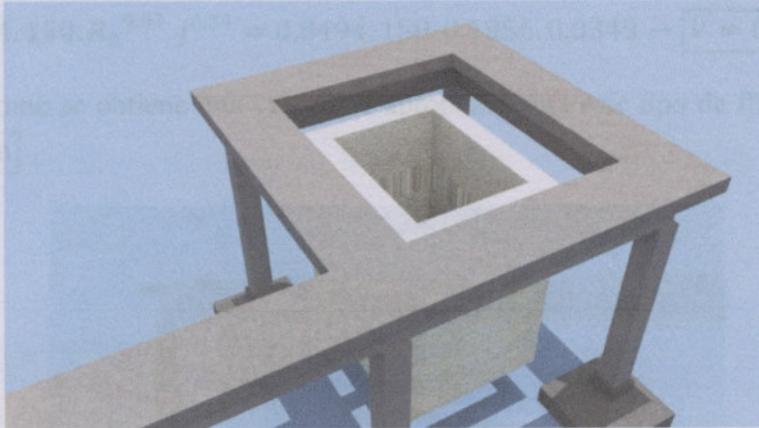


Fig. 13-3. Vertedero de salida de las Lagunas

13.3.2 Conducto de salida y entrada.

Para el diseño de este conducto aplicaremos la expresión, para cañerías donde el líquido circula a presión de Hazen - Williams. Para un caño de 0,300m de diámetro tendremos:

$$Q = 0,2787 \times C \times D^{4,87/1,85} \times j^{1/1,85}$$

Dónde:

Q= caudal en m³/seg.

C= coeficiente que depende de la rugosidad de la cañería.

D= diámetro de la cañería en m

j= pendiente- pérdida de carga por unidad de longitud del conducto, en m/m.

Rh= radio hidráulico, en m. = Área mojada / Perímetro mojado (un cuarto del diámetro para conductos circulares a sección llena)

Despejando j:

$$j = \frac{0,09^{1,85}}{0,2787^{1,85} \times 150^{1,85} \times 0,30^{4,87}} = \boxed{0,004\text{m/m}}$$

Ahora verificamos la velocidad para j=0,004m/m



$$V = 0,8494 \cdot 150 \cdot R_h^{0,63} \cdot j^{0,54} = 0,8494 \cdot 150 \cdot 0,1956 \cdot 0,0507 \rightarrow \boxed{V = 1,26 \text{ m/seg}}$$

Como la velocidad es mayor a la recomendada disminuimos la pendiente a $j=0,002\text{m/m}$

$$V = 0,8494 \cdot 150 \cdot R_h^{0,63} \cdot j^{0,54} = 0,8494 \cdot 150 \cdot 0,1956 \cdot 0,0349 \rightarrow \boxed{V = 0,87 \text{ m/seg}}$$

Por lo tanto, como se obtiene una velocidad apropiada para este tipo de fluidos, se adopta

$$\boxed{j = 0,002\text{m/m}}$$

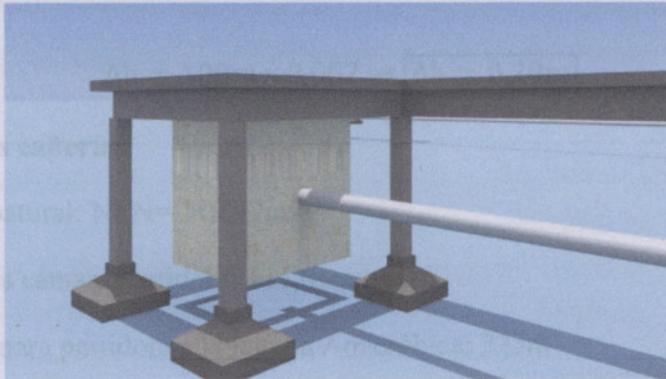


Fig. 13-4. Conducto de salida de las Lagunas

13.3.3 Aforador de salida.

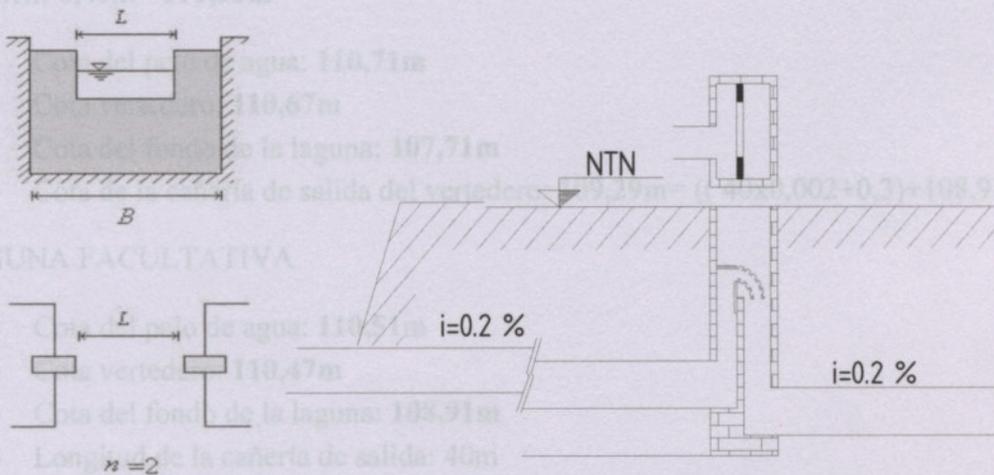


Fig13-5. Vertedero rectangular de pared delgada con dos contracciones.

Para aforar los caudales salientes realizamos un vertedero rectangular de pared delgada cuyo ancho es $b=0,60\text{m}$ y dos contracciones laterales.



Se coloca un ecosonda con lector electrónico y transductor de caudales para poder aforar.

13.4 Conducto de salida de la cámara de contacto.

Del punto 13.2) tenemos:

$$J = 0,002 \text{ m/m}$$

La longitud de la cañería de salida de la cámara de contacto hasta el canal es 100m, entonces:

$$\Delta h = 100\text{m} \times 0,002 \rightarrow \boxed{\Delta h = 0,20\text{m}}$$

13.5 Niveles de las cañerías.

Nivel del terreno natural: NTN= 110,97m

Cota de salida de la cámara partidora: 111,61m

Distancia de la cámara partidora a la laguna Anaeróbica: 225m

Pendiente $i=0,2\%$

LAGUNA ANAERÓBICA:

- Cota de ingreso: $225\text{m} \times 0,002 = 0,45\text{m}$

$$111,61\text{m} - 0,45\text{m} = \mathbf{111,16\text{m}}$$

- Cota del pelo de agua: **110,71m**
- Cota vertedero: **110,67m**
- Cota del fondo de la laguna: **107,71m**
- Cota de la cañería de salida del vertedero: **109,29m** = $((40 \times 0,002 + 0,3) + 108,91)$

LAGUNA FACULTATIVA

- Cota del pelo de agua: **110,51m**
- Cota vertedero: **110,47m**
- Cota del fondo de la laguna: **108,91m**
- Longitud de la cañería de salida: 40m
- Cota de la cañería de salida del vertedero: **109,19m** = $((40 \times 0,002 + 0,3) + 108,81)$

LAGUNA AERÓBICA

- Cota del pelo de agua: **110,31m**
- Cota vertedero: **110,27m**



- Cota del fondo de la laguna: **108,81m**
- Longitud de la cañería de salida: 30m
- Cota de la cañería de salida del vertedero: **109,36m** = (30x0,002+109,30)

AFORADOR DE SALIDA

- Distancia laguna aeróbica-aforador: 30m
- Cota de la cañería de ingreso: 109,30m
- Cota de la cañería de salida: 109,15m

CÁMARA DE CONTACTO

- Distancia aforador-cámara de contacto: 20m
- Cota de la cañería de ingreso a la cámara de cloración: 109,11m = (20x0,02-109,15)
- Cota de la cañería de salida de la cámara de cloración: 109,01m
- Cota de la cañería de ingreso a la cámara de contacto: 109,00m
- Cota de la cañería de salida de la cámara de contacto: 108,80m
- Distancia de la cámara de contacto al canal: 100m

$$100\text{m} \times 0,002 = 0,20\text{m}$$

$$108,80\text{m} - 0,20\text{m} = 108,60\text{m}$$

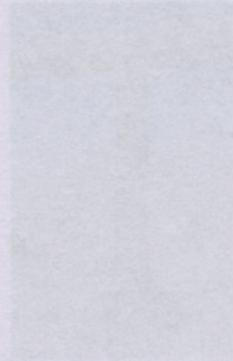
- Cota de ingreso al canal: **108,60m**



14.1 Carga del oleaje (CIRSOC 101)

Se deberá considerar la acción del oleaje sobre las estructuras expuestas si se anticipa que se pueden desarrollar fuerzas de oleaje significativas. Para nuestro cálculo se desprecia la carga de oleaje por no ser significativa.

14.2 Cálculo de la Presión Dinámica del Viento (CIRSOC 102)



14) CÁLCULO DE OBRAS DE H°A° EN INGRESO, PASARELAS Y VERTEDEROS.

1- Velocidad básica

$$V_b = 50 \frac{m}{seg} \text{ (De tabla de la Fig. 1B)}$$

$$K_d = 0,90 \text{ (De tabla 6)}$$

2- Factor de importancia I

$$I = 0,87 \text{ (Tabla 1- tabla a-1, apéndice A)}$$

3- Categoría de exposición C

$$\text{Coeficiente de exposición para presión dinámica } K_z \text{ o } K_h = 0,87$$

4- Factor topográfico

$$K_1 = 0$$

$$X=0 \rightarrow K_2=0$$

$$Z=0 \rightarrow K_3=0$$

$$\rightarrow K_{zt} = 1$$

5- Presión Dinámica q_z



14.1 Carga del oleaje (CIRSOC 101)

Se deberá considerar la acción del oleaje sobre las estructuras expuestas si se anticipa que se pueden desarrollar fuerzas de oleaje significativas. Para nuestro cálculo se desprecia la carga de oleaje por no ser significativa.

14.2 Cálculo de la Presión Dinámica del Viento (CIRSOC 102)



Fig. 14-1 Ejemplo del efecto de viento en la zona de mayor influencia

1- Velocidad básica del viento y factor de direccionalidad K_d

$$V_o = 50 \frac{m}{seg} \text{ (De tabla de la Fig. 1B)}$$

$$K_d = 0.90 \text{ (De tabla 6)}$$

2- Factor de importancia I

$$I = 0,87 \text{ (Tabla 1- tabla a-1, apéndice A)}$$

3- Categoría de exposición C

$$\text{Coeficiente de exposición para presión dinámica } K_z \text{ o } K_h = 0,87$$

4- Factor topográfico

$$K_1 = 0$$

$$X=0 \rightarrow K_2=0$$

$$Z=0 \rightarrow K_3=0$$

$$\rightarrow K_{zt} = 1$$

5- Presión Dinámica q_z



$$d_1 = 4,2m$$

$$d_2 = 2,45m$$

$$d_3 = 4,33m$$

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V_0^2 \cdot I \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$q_z = 0,613 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,90 \cdot 50^2 \cdot 0,87 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$q_z = 104 \frac{Kg}{m^2}$$

A la carga de viento se la multiplica por 1,3 y en la combinación se afecta ese valor por 1,6 por ser carga accidental.

$$M_A = 101,25 Kg \cdot 3,20m + 183,6 Kg \cdot 2,45m + 141,75 Kg \cdot 4,33m$$

$$M_A = 1488,85 Kg \cdot m$$

Peso de la estructura

$$q_z = 135 \frac{Kg}{m^2}$$

Peso de la

14.3.1 Verificación del efecto de viento producido en la estructura de ingreso.

$$P_1 = 2500 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,25m \cdot 0,4m \cdot 3m = 750Kg$$

Peso de la columna

$$P_2 = 2500 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,4m \cdot 0,4m \cdot 3,33m = 1320Kg$$

Peso de la base

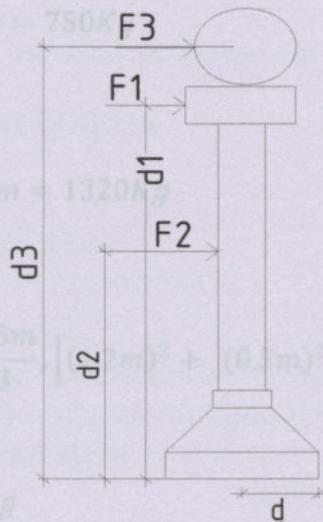
$$vol\ base = 0,3m \cdot (1,2m)^2 + \frac{0,5m}{3} \left[(1,2m)^2 + (0,3m)^2 + \sqrt{(1,2m)^2 + (0,3m)^2} \right]$$

$$= 0,695 m^3$$

$$P_3 = 2500 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,695 m^3 = 1737,5 Kg$$

Peso total

Fig. 14-2. Esquema de fuerzas y distancias en la zona de mayor influencia en la estructura de ingreso.



$$P_4 = 600 Kg + 1320 Kg + 1737,5 Kg = 3657,5 Kg$$

$$F_1 = 135 \frac{Kg}{m^2} \cdot 3m \cdot 0,25m = 101,25 Kg$$

$$F_2 = 135 \frac{Kg}{m^2} \cdot 3,4m \cdot 0,4 m = 183,6 Kg$$

$$F_3 = 135 \frac{Kg}{m^2} \cdot 3m \cdot 0,35m = 141,75 Kg$$

Verificación



$$d_1 = 4,2m$$

$$d_2 = 2,45m$$

$$d_3 = 4,33m$$

Momento desequilibrante es el producido por el viento en la zona de mayor influencia. Se considera el caso en el que la laguna se encontrara vacía, es decir, fuera de servicio, la cual es la peor situación.

$$Md = M_A = F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2 + F_3 \cdot d_3$$

$$M_A = 101,25 \text{ Kg} \cdot 4,20m + 183,6 \text{ Kg} \cdot 2,45m + 141,75 \text{ Kg} \cdot 4,33m$$

$$M_A = 1488,85 \text{ Kgm}$$

Peso de la estructura

Peso de la viga:

$$P_v = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,25m \cdot 0,4m \cdot 3m = 750 \text{ Kg}$$

Peso de la columna

$$P_c = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4m \cdot 0,4m \cdot 3,33m = 1320 \text{ Kg}$$

Peso de la base

$$\begin{aligned} \text{vol base} &= 0,3m \cdot (1,2m)^2 + \frac{0,5m}{3} \cdot \left[(1,2m)^2 + (0,5m)^2 + \sqrt{(1,2m)^2 + (0,5m)^2} \right] \\ &= 0,695 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$P_b = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,695 \text{ m}^3 = 1737,5 \text{ Kg}$$

Peso total=

$$P_t = 600 \text{ Kg} + 1320 \text{ Kg} + 1737,5 \text{ Kg} = 3657,5 \text{ Kg}$$

Momento equilibrante: es el peso de toda la estructura por la distancia al punto A

$$M_e = 3657,5 \text{ Kg} \cdot 0,6m = 2194,5 \text{ Kgm}$$

Verificación:

$$0,9 M_e \geq 1,5 M_d$$



$0,9 \cdot 2547 \text{ Kgm} \geq 1,5 \cdot 1488,85 \text{ Kgm}$

$2292 \text{ Kgm} \geq 2233 \text{ Kgm}$. → BUENAS CONDICIONES

14.3.2 Dimensionamiento a flexión de la viga de ingreso. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

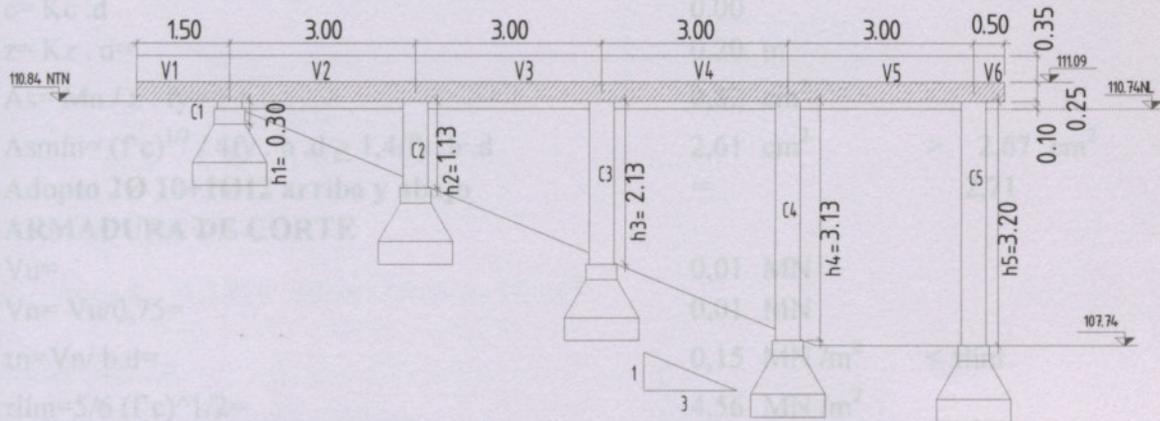


Fig. 14-3. Esquema de la estructura de ingreso a la Laguna Anaeróbica.

INGRESO A LA LAGUNA ANAERÓBICA

Datos:

- Carga de montaje = 100 Kg/m = 1,000 KN/m
- Peso de la viga = $25 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,40\text{m} \cdot 0,2\text{m} = 2,000 \text{ KN/m}$
- Peso de la cañería = $14 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,315 \cdot 3,14 \cdot 0,015\text{m} = 0,208 \text{ KN/m}$
- Peso del líquido = $10 \text{ KN/m}^3 \cdot 0,078\text{m}^2 = 0,779 \text{ KN/m}$

qd = peso propio + carga permanente = peso de la viga + peso de la cañería

ql = sobrecarga de utilización = peso del líquido + carga de montaje

CÁLCULO DE LAS VIGAS A FLEXIÓN

- $f'c = 30,00 \text{ Mpa}$
- $f_y = 420,00 \text{ Mpa}$
Si $f'c \leq 30$
- $\beta = 0,85 \text{ MPa}$
- $b = 0,40 \text{ m}$
- $h = 0,25 \text{ m}$
- $d = h - 0,05\text{m} = 0,20 \text{ m}$
- $L = 3,00 \text{ m}$
- $q_d = 2,21 \text{ KN/m}$
- $q_l = 1,78 \text{ KN/m}$
- $Q = 1,2 q_d + 1,6 q_l = 5,50 \text{ KN/m}$
- $M_u = Q \cdot L^2 / 8 = 6,15 \text{ KNm}$



$M_n = M_u / 0,9$	0,01 MNm	
$m_n = M_n / b \cdot d^2 \cdot f_c$	0,01	
$K_c = 1/\beta \cdot (1 - (1 - m_n / 0,425)^{1/2})$	0,02	
$K_z = 0,5 + 0,5 \cdot (1 - (1 - m_n / 0,425)^{1/2})$	0,99	
$\epsilon_s = 3(1 - k_c) / k_c$	0,15	$\rightarrow f_s = f_y$
$c = K_c \cdot d$	0,00	
$z = K_z \cdot d$	0,20 m	
$A_s = M_n / z \cdot f_y$	0,82 cm ²	
$A_{s\text{mín}} = (f_c)^{1/2} / 4f_y \cdot b \cdot d \geq 1,4 / f_y \cdot b \cdot d$	2,61 cm ²	$> 2,67 \text{ cm}^2$
Adopto 2Ø 10+1Ø12 arriba y abajo	=	2,71

ARMADURA DE CORTE

$V_u =$	0,01 MN	
$V_n = V_u / 0,75 =$	0,01 MN	
$\tau_n = V_n / b \cdot d =$	0,15 MN / m ²	$< \tau_{\text{lím}}$
$\tau_{\text{lím}} = 5/6 (f_c)^{1/2} =$	4,56 MN / m ²	
Contribución del hormigón:		
$V_c = 1/6 (f_c)^{1/2} \cdot b \cdot d =$	0,07 MN	
$V_s = V_n - V_c =$	-0,06 MN	\rightarrow
separación = s =	0,15 m	Avmín
$A_{v\text{mín}} = 1/16 \cdot (f_c)^{1/2} \cdot b \cdot s / f_y \geq 0,33 b \cdot s / f_y$	0,49	0,4714 cm ²

Adopto estribos de cuatro ramas Ø 8mm cada 15 cm

$4\text{Ø}8 = 4 \cdot 0,5 = 2,0$

14.3.3 Dimensionamiento de las columnas de la estructura de ingreso. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

$f_c = 30 \text{ MPa}$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

$M_u = 22,33 \text{ KNm} = 0,022 \text{ MNm}$ Momento de vuelco.

$P_u = 32 \text{ KNm} = 0,032 \text{ MN}$ (De SAP).

$e = \frac{M_u}{P_u} = 0,69 \text{ m}$

$\gamma = \frac{30 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} \cong 0,8$



Utilizando los Diagramas de Interacción (II.14):

$$\frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = \frac{0,022 \text{ MNm}}{0,4 \text{ m} \cdot (0,4 \text{ m})^2} = 0,34 \text{ MPa}$$

$$\frac{\phi \cdot P_n}{b \cdot h} = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{0,032 \text{ MN}}{0,4 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m}} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$\rho_g = 0,01$$

Armadura longitudinal

$$A_{st} = \rho_g \cdot A_g = 0,010 \cdot 40 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm} = 16 \text{ cm}^2$$

Adopto 8 Ø 16

Estribos:

$$d_{be} = 8 \text{ mm}$$

$s = 12 \cdot 1,6 \text{ cm} = 19 \text{ cm} \rightarrow$ Adopto estribos de dos ramas de Ø8mm cada 19cm.

14.3.4 Dimensionamiento de las bases de la estructura de ingreso. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

Las bases se calculan como bases centradas con $P_u = 32 \text{ KNm}$, obtenido del SAP y se verificaron al vuelco con el estudio del viento.

DIMENSIONAMIENTO BASES AISLADAS CENTRADAS - CIRSOC 201 (ACI)

DATOS:

HORMIGON TIPO (H) =	30	
ACERO TIPO (St) =	420	
TENSION ADMISIBLE SUELO (Kn/m2) =	80	
PROFUNDIDAD DE FUNDACION (m) =	1	
CARGA MAYORADA Pu (Kn) =	32	
LADO COLUMNA Cx (m) (LADO MAYOR) =	0,4	
LADO COLUMNA Cy (m) =	0,4	
SUPERFICIE NECESARIA BASE (m2) =	0,4	0,6325
LADO DE BASE S/x Lx (m) =	1,2	



LADO DE BASE S/y Ly (m) =	1,2	
COEFICIENTE b (RELACION LADOS) =	1	
COEFICIENTE as =	40	
PARAMETRO Y =	1	
TRONCO COLUMNA bx (m) =	0,5	
TRONCO COLUMNA by (m) =	0,5	
ANCHO COLABORANTE Bwx (m) =	0,76	
ANCHO COLABORANTE Bwy (m) =	0,76	
COEFICIENTE Kx =	0,4	
COEFICIENTE Ky =	0,4	
CUANTIA MÍNIMA VOLADIZOS Ka min =	0,110	
MTO. REDUCIDO NOMINAL min (mn min) =	0,104	
TENSION DE TRABAJO SUELO (Kn/m2) =	22,222	
MTO. FLECTOR S/x (kNm) =	2,133	
MTO. FLECTOR S/y (kNm) =	2,133	
MTO. NOMINAL NECESARIO S/x (kNm) =	2,370	
MTO. NOMINAL NECESARIO S/y (kNm) =	2,370	
dx ALTURA SEGÚN x (m) =	0,75	
dy ALTURA SEGÚN y (m) =	0,75	
PUNZONADO		
AREA BASE PERIMETRO CRITICO Ao (m2)		
=	1,323	
PERIMETRO CRITICO bo (m) =	4,6	F2
COEFICIENTE F =	4	8,52
COMPARADOR =	2,611	< 4724,1
CORTE		
VERIFICACION CORTE X	-9,333	< 391,536
VERIFICACION CORTE Y	-9,333	< 391,536
FLEXION		
MOMENTO REDUCIDO EN x mnx =	0,000	< 0,268
BRAZO DE PALANCA z (m) =	0,750	
ARMADURA NECESARIA EN x (mm2) =	8	0,08
MOMENTO REDUCIDO EN y mny =	0,000	< 0,268
BRAZO DE PALANCA z (m) =	0,750	
ARMADURA NECESARIA EN y (mm2) =	8	0,08
ARMADURA MÍNIMA		
Asmin= 0,0018 x b x d	4,5	cm ²
Separación mínima:		
2,5 veces el espesor de l losa	75	cm
25 db	25	cm



300mm 30 cm
 Adopto Ø 10 cada 15cm en ambas direcciones

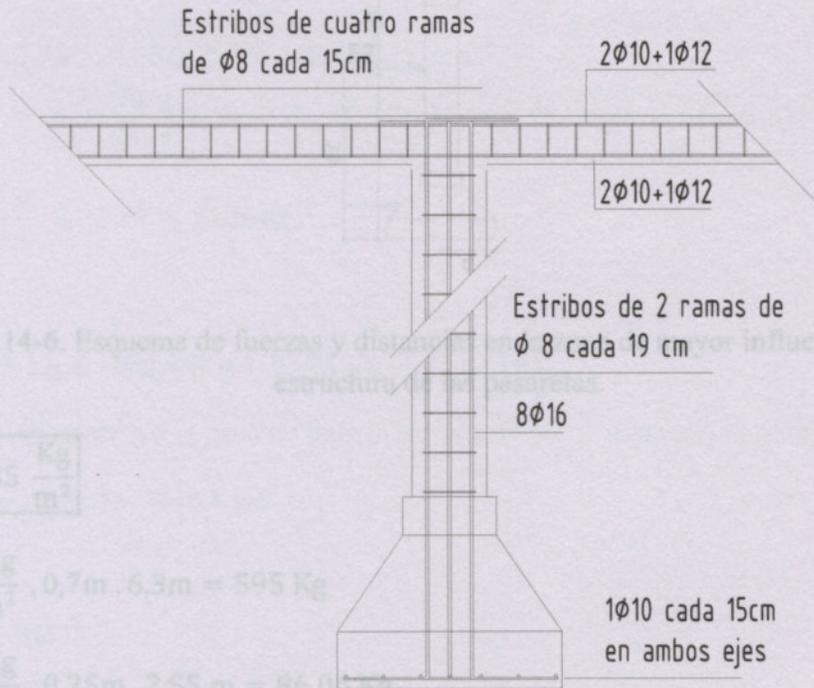


Fig. 14-6. Esquema de fuerzas y distribución de cargas por influencia en la estructura.

$$q_x = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$F_1 = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot 0,7\text{m} \cdot 6,3\text{m} = 595 \text{ Kg}$$

$$F_2 = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot 0,25\text{m} \cdot 7,55\text{m} = 86,0 \text{ Kg}$$

Fig. 14-4. Representación de la armadura de la estructura de ingreso.

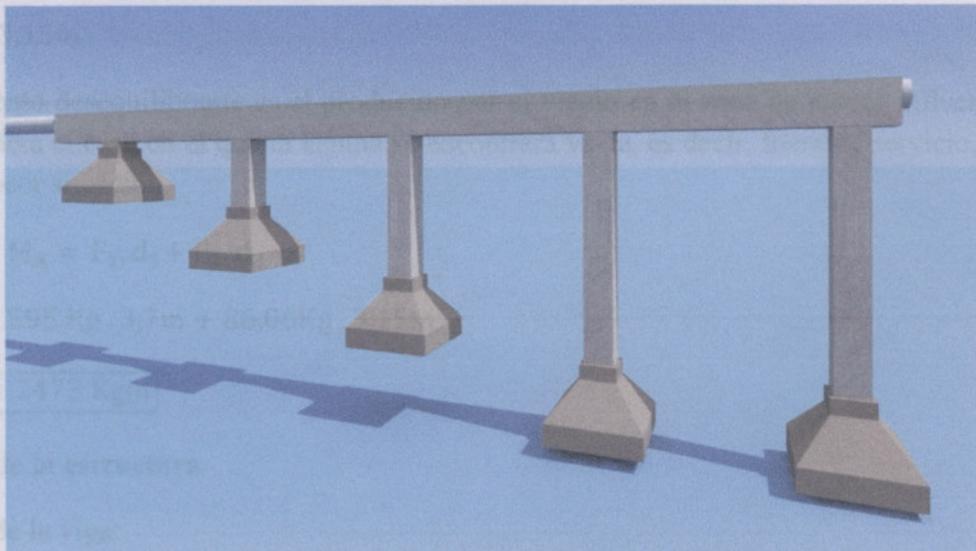


Fig. 14-5. Estructura de ingreso a la Laguna Anaeróbica.

$$M_d = M_x = F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2$$

$$M_x = 595 \text{ Kg} \cdot 3,7\text{m} + 86,0\text{ Kg} \cdot 3,7\text{m}$$

$$M_d = 2500 \frac{\text{Kg}\cdot\text{m}}{\text{m}}$$

Peso de la estructura.

Peso de la viga.



14.4.1 Verificación del efecto de viento producido en la estructura de las pasarelas.

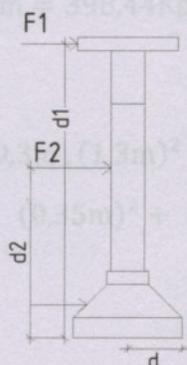


Fig. 14-6. Esquema de fuerzas y distancias en la zona de mayor influencia en la estructura de las pasarelas.

$$q_z = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$F_1 = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot 0,7\text{m} \cdot 6,3\text{m} = 595 \text{ Kg}$$

$$F_2 = 135 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot 0,25\text{m} \cdot 2,55 \text{ m} = 86,06 \text{ Kg}$$

$$d_1 = 3,7\text{m}$$

$$d_2 = 3,15\text{m}$$

Momento desequilibrante es el producido por el viento en la zona de mayor influencia. Se considera el caso en el que la laguna se encontrara vacía, es decir, fuera de servicio, la cual es la peor situación.

$$M_d = M_A = F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2$$

$$M_A = 595 \text{ Kg} \cdot 3,7\text{m} + 86,06\text{Kg} \cdot 3,15\text{m}$$

$$M_A = 2473 \text{ Kgm}$$

Peso de la estructura

Peso de la viga:

$$P_v = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot (0,2\text{m} \cdot 0,8\text{m} + 0,5\text{m} \cdot 0,25\text{m}) \cdot 6,3\text{m} = 4488,75\text{Kg}$$



Peso de la columna

$$P_c = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,25\text{m} \cdot 0,25\text{m} \cdot 2,55\text{m} = 398,44\text{Kg}$$

Peso de la base

$$\text{vol base} = 0,35\text{m} \cdot 0,35\text{m} \cdot 0,2\text{m} + 0,3\text{m} \cdot (1,3\text{m})^2 + \frac{0,3\text{m}}{3} \cdot \left[(1,3\text{m})^2 + (0,35\text{m})^2 + \sqrt{(1,3\text{m})^2 + (0,35\text{m})^2} \right] = 0,83 \text{ m}^3$$

$$P_b = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,85\text{m}^3 = 2125\text{Kg}$$

Peso total=

$$P_t = 4488,75 \text{ Kg} + 398,44\text{Kg} + 2125 \text{ Kg} = 7012,19\text{Kg}$$

Momento equilibrante: es el peso de toda la estructura por la distancia al punto A

$$M_e = 6962\text{Kg} \cdot 0,65\text{m} = 4558 \text{ Kgm}$$

Verificación:

$$0,9 M_e \geq 1,5 M_d$$

$$0,9 \cdot 4558 \text{ Kgm} \geq 1,5 \cdot 2526\text{Kgm}$$

4102 Kgm > 3710 Kgm. → BUENAS CONDICIONES

14.4.2 Dimensionamiento a flexión y verificación de la torsión en vigas de las pasarelas. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

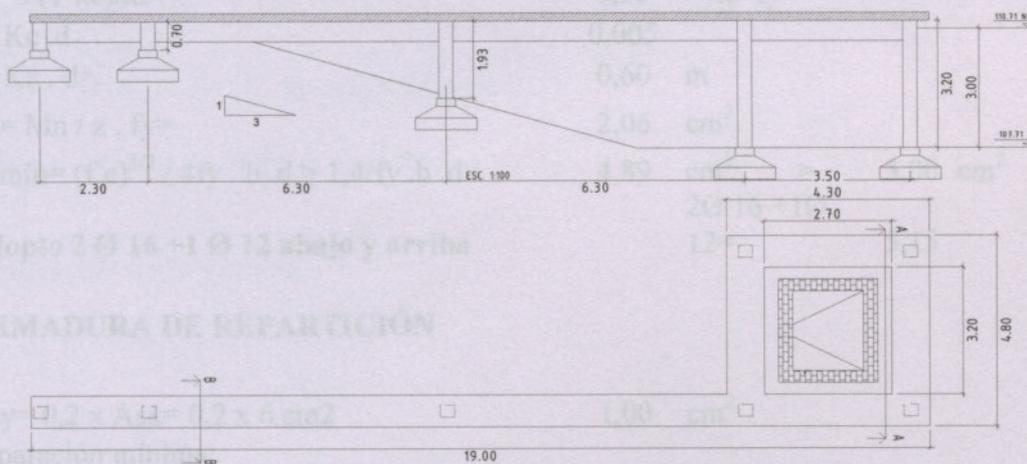


Fig. 14-7. Estructura de las pasarelas de las Lagunas de estabilización.



PASARELA

Datos

Carga de montaje = 100 Kg/m=	1,00	KN/m
Peso de la viga= 25 KN/m ³ . 0,26m ² =	6,50	KN/m
Peso del sistema de protección=	0,09	KN/m
Sobrecarga 3KN/m ² , 0,8m	2,40	KN/m

qd= peso propio + peso del sistema de protección

ql= sobrecarga de utilización

CÁLCULO DE LAS VIGAS A FLEXIÓN

f'c=	30,00	Mpa
fy=	420,00	Mpa
		Si f'c ≤ 30
β=	0,85	MPa
bw=	0,25	m
b=	0,80	m
h=	0,65	m
d= h-0,05m	0,60	m
L=	6,30	m
qd=	6,59	KN/m

ARMADURA DE TORSIÓN

ql=	3,40	KN/m
Q= 1,2 qd + 1,6 ql=	13,35	KN/m
Mu=	46,50	KNm
Mn= Mu/0,9	0,05	MNm
mn=Mn / b . d ² . f'c=	0,01	
Kc= 1/β . (1 - (1-mn/0,425) ^{1/2})	0,01	
Kz= 0,5 + 0,5 . (1 - (1-mn/0,425) ^{1/2})	1,00	
	>0,005	
εs= 3 (1-kc)/kc=	0,36	→fs=fy
c= Kc . d	0,005	
z= Kz . d=	0,60	m
As= Mn / z . fy=	2,06	cm ²
Asmín= (f'c) ^{1/2} / 4fy . b . d ≥ 1,4/fy . b . d	4,89	cm ² > 5,00 cm ²
Adopto 2 Ø 16 +1 Ø 12 abajo y arriba	12=	5,15

ARMADURA DE REPARTICIÓN

Asy= 0,2 x Asx= 0,2 x 6 cm ²	1,00	cm ²
Separación mínima:		
*2,5cm . 25cm=62,5cm		



*25.0,6cm=15cm

*30cm

Adopto 1Ø 6 cada 15 cm 1,96 cm²

ARMADURA DE CORTE

V_u= 0,04 MN
 V_n= V_u/0,75= 0,06 MN
 $\tau_n = V_n / bw \cdot d = 0,38 / m^2 < \tau_{\text{lim}}$
 $\tau_{\text{lim}} = 5/6 (f'c)^{1/2} = 4,56 / m^2$

Contribución del hormigón:

V_c= 1/6 (f'c)^{1/2} .b.d= 0,14 MN
 V_s= V_n-V_c= -0,08 MN → Av_{mín}
 separación =s= 1,00 m
 Av_{mín}= 1/16 . (f'c)^{1/2} .b.s/fy ≥ 0,33 b . s/fy 2,04 1,96 cm²

Adopto estribos de Ø 8mm cada 20 cm

ARMADURA DE TORSIÓN

T_u= 0,004 MN
 T_n= T_u/0,75= 0,01 MN
 $\tau_n = T_n / b \cdot d = 0,03 / m^2 < \tau_{\text{lim}}$
 $\tau_{\text{lim}} = 5/6 (f'c)^{1/2} = 0,19 / m^2$

Contribución del hormigón:

V_c= 1/6 (f'c)^{1/2} .bw.d= 0,14 MN
 V_s= T_n-V_c= -0,13 MN → Av_{mín}
 separación =s= 0,20 m
 Av_{mín}= 1/16 . (f'c)^{1/2} .bw.s/fy ≥ 0,33 bw . s/fy 0,41 0,3929 cm²

Adopto estribos de Ø 8mm cada 20 cm 2Ø 8= 1,0

Verificación de la Torsión.

$$\tau_v = \left[\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2 \right]^{0,5}$$

$$\tau_v = \left[\left(\frac{37 \text{KN}}{(0,25 \text{m} \cdot 0,65 \text{m})} \right)^2 + \left(\frac{1,27 \text{KNm} \cdot 1,5 \text{m}}{1,7 \cdot (0,09 \text{m})^2} \right)^2 \right]^{0,5}$$

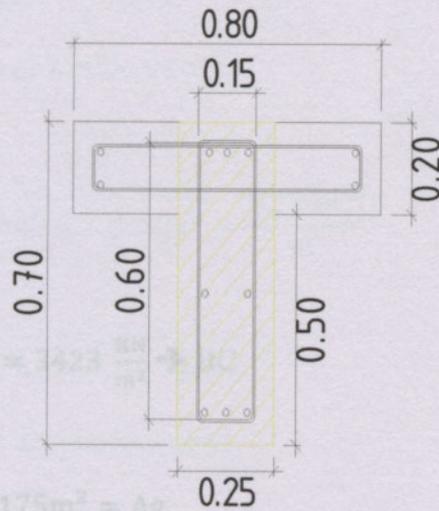


Fig 14-8. Sección de la viga placa de las pasarelas.

Momento Torsor:

$$T_u = 1,6 \cdot 3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,4\text{m} \cdot 0,2\text{m} \cdot 3,15\text{m}$$

$$T_u = 1,27\text{KNm}$$

$$T_n \geq \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n \geq \frac{1,27\text{KNm}}{0,75} = 1,69\text{KNm}$$

$$V_u = 0,037\text{MN}$$

$$b_w = 0,25\text{m}$$

$$d = 0,65\text{m}$$

$$p_h = (0,15\text{m} + 0,15\text{m} + 0,6\text{m} + 0,6\text{m}) = 1,5\text{m}$$

$$A_{oh} = 0,15\text{m} \cdot 0,60\text{m} = 0,09\text{m}^2$$

$$\tau_u = \left[\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2 \right]^{0,5}$$

$$\tau_u = \left[\left(\frac{37\text{KN}}{0,25\text{m} \cdot 0,65\text{m}} \right)^2 + \left(\frac{1,27\text{KNm} \cdot 1,5\text{m}}{1,7 \cdot (0,09\text{m})^2} \right)^2 \right]^{0,5}$$



$$\tau_u = 266 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\tau_{\text{lím}} = \frac{5}{6} \sqrt{f'_c} = 4564 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Verificación:

$$T_u \leq \phi T_{\text{lím}}$$

$$266 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \leq 0,75 \cdot 4564 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 3423 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{BC}$$

Se calcula entonces la T_{cr}

$$A_{cp} = 0,70\text{m} \cdot 0,25\text{m} = 0,175\text{m}^2 = A_g$$

$$p_{cp} = (0,7\text{m} \cdot 2 + 0,25\text{m} \cdot 2) = 1,9\text{m}$$

$$f'_c = 30 \frac{\text{Mn}}{\text{m}^2}$$

$$T_{cr} = \frac{\sqrt{f'_c}}{3} \cdot \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \cdot \sqrt{1 + \frac{3N_u}{A_g \cdot f'_c \cdot 0,5}} = 0,088\text{MNm}$$

$$T_{cr} = 88\text{KNm}$$

$$T_n > \frac{T_{cr}}{4}$$

$$1,65 \text{KNm} < \frac{88\text{KNm}}{4} = 22\text{KNm}$$

Entonces se calcula las armaduras y separaciones mínimas

Estribos:

$$a_T = \frac{A_T}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot (0,85 \cdot A_{oh}) \cdot f_{yt}}$$

$$a_T = \frac{0,00169\text{MNm}}{2 \cdot 0,85 \cdot 0,09\text{m}^2 \cdot 420\text{MN/m}^2} = 0,3\text{cm}^2/\text{m}$$

Barras longitudinales:

$$A_L = \frac{A_T}{s} \cdot p_h \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \cdot \cotg^2 \theta$$



$$A_L = \frac{0,3\text{cm}^2}{\text{m}} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot \frac{420 \text{ MN/m}^2}{420 \text{ MN/m}^2} \cdot 1 = 0,45\text{cm}^2 \text{ Distribuidos en el perímetro.}$$

Combinación de armaduras de torsión y corte.

Estribos:

$$a_{V+T} = a_V + 2a_T = 1,63\text{cm}^2 + 2 \cdot 0,3\text{cm}^2 = \frac{2,23\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Adopto 1Ø 8 cada 20cm

$$\text{Verificación: } 2 \cdot 0,5\text{cm}^2 \cdot 5 = 5\text{cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{BC.}$$

Combinación de armaduras de flexión y corte.

Barras longitudinales.

$$A_L = 0,45\text{cm}^2 \text{ En todo el perímetro.}$$

$$A_L = \frac{x_o}{p_h} = 0,45\text{cm}^2 \cdot \frac{0,15\text{m}}{1,5\text{m}} = 0,045\text{cm}^2$$

$$A_L = \frac{y_o}{p_h} = 0,45\text{cm}^2 \cdot \frac{0,6\text{m}}{1,5\text{m}} = 0,18\text{cm}^2$$

14.4.3 Dimensionamiento de las columnas de la estructura de las pasarelas. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$M_u = 37,10 \text{ KNm} = 0,037 \text{ MNm} \text{ Momento de vuelco.}$$

$$P_u = 95 \text{ KNm} = 0,095 \text{ MN} \text{ (De SAP).}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = 0,4\text{m}$$

$$\gamma = \frac{15 \text{ cm}}{25\text{cm}} \cong 0,6$$

Utilizando los Diagramas de Interacción (II.12):



$$\frac{\phi \cdot M_n}{b \cdot h^2} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = \frac{0,037 \text{ MNm}}{0,25 \text{ m} \cdot (0,25 \text{ m})^2} = 2,37 \text{ MPa}$$

$$\frac{\phi \cdot P_n}{b \cdot h} = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{0,095 \text{ MN}}{0,25 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m}} = 1,52 \text{ MPa}$$

$$\rho_g = 0,025$$

Armadura longitudinal

$$A_{st} = \rho_g \cdot A_g = 0,025 \cdot 25 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm} = 15,625 \text{ cm}^2$$

Adopto 8 Ø 16

Estribos:

$$d_{be} = 8 \text{ mm}$$

$$s = 12 \cdot 1,2 \text{ cm} = 14,4 \text{ cm} \rightarrow \text{Adopto estribos de dos ramas de } \text{Ø}8 \text{ mm cada } 15 \text{ cm}$$

14.4.4 Dimensionamiento de las bases de la estructura de las pasarelas.

Las bases se calculan como bases centradas con $P_u = 95 \text{ KNm}$, obtenido del SAP y se verificaron al vuelco con el estudio del viento.

DIMENSIONAMIENTO BASES AISLADAS CENTRADAS - CIRSOC 201 (ACI)

DATOS:

HORMIGON TIPO (H) =	30,00	
ACERO TIPO (St) =	420,00	
TENSION ADMISIBLE SUELO (Kn/m ²) =	80,00	
PROFUNDIDAD DE FUNDACION (m) =	1,00	
CARGA MAYORADA Pu (Kn) =	95,00	
LADO COLUMNA Cx (m) (LADO MAYOR) =	0,30	
LADO COLUMNA Cy (m) =	0,30	
SUPERFICIE NECESARIA BASE (m ²) =	1,19	1,08972
LADO DE BASE S/x Lx (m) =	1,30	
LADO DE BASE S/y Ly (m) =	1,30	
COEFICIENTE b (RELACION LADOS) =	1,00	
COEFICIENTE as =	40,00	
PARAMETRO Y =	1,00	
TRONCO COLUMNA bx (m) =	0,40	
TRONCO COLUMNA by (m) =	0,40	
ANCHO COLABORANTE Bwx (m) =	0,74	



ANCHO COLABORANTE B_{wy} (m) =	0,74	
COEFICIENTE K_x =	0,50	
COEFICIENTE K_y =	0,50	
CUANTIA MÍNIMA VOLADIZOS $K_a \text{ min}$ =	0,11	
MTO. REDUCIDO NOMINAL min (mn min) =	0,10	
TENSION DE TRABAJO SUELO (Kn/m ²) =	56,21	
MTO. FLECTOR S/x (kNm) =	9,13	
MTO. FLECTOR S/y (kNm) =	9,13	
MTO. NOMINAL NECESARIO S/x (kNm) =	10,15	
MTO. NOMINAL NECESARIO S/y (kNm) =	10,15	
d_x ALTURA SEGÚN x (m) =	0,75	
d_y ALTURA SEGÚN y (m) =	0,75	
PUNZONADO		
AREA BASE PERIMETRO CRITICO A_o (m ²) =	1,103	
PERIMETRO CRITICO b_o (m) =	4,2	F2
COEFICIENTE F =	4	9,14
COMPARADOR =	33,025	< 4313,32
CORTE		
VERIFICACION CORTE X	18,269	< 378,699
VERIFICACION CORTE Y	18,269	< 378,699
FLEXION		
MOMENTO REDUCIDO EN x m_{nx} =	0,002	< 0,268
BRAZO DE PALANCA z (m) =	0,749	
ARMADURA NECESARIA EN x (mm ²) =	32	0,32
MOMENTO REDUCIDO EN y m_{ny} =	0,002	< 0,268
BRAZO DE PALANCA z (m) =	0,749	
ARMADURA NECESARIA EN y (mm ²) =	32	0,32
ARMADURA MÍNIMA		
$A_{smín} = 0,0018 \times b \times d$	4,5	cm ²
Separación mínima:		
2,5 veces el espesor de l losa	75	cm
25 db	25	cm
300mm	30	cm

Adopto Ø 10 cada 15cm en ambas direcciones

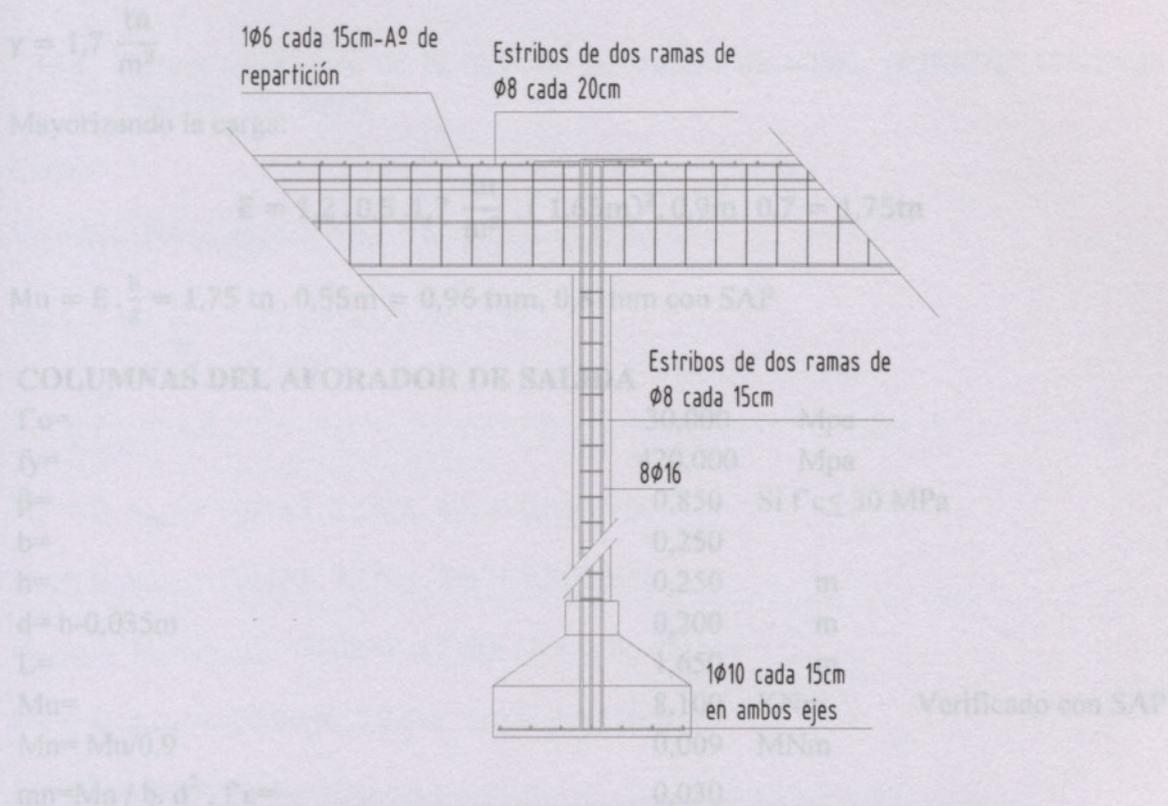


Fig. 14-9. Representación de la armadura de la estructura de las pasarelas.



Fig. 14-10. Vista lateral de las pasarelas

14.5 Dimensionamiento de columnas del aforador de salida. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

$$E = 0,5 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_0$$

$$K_0 = 0,7 \text{ (Teoría de Rankine)}$$



$$\gamma = 1,7 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3}$$

Mayorizando la carga:

$$E = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 1,7 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} \cdot (1,65\text{m})^2 \cdot 0,9\text{m} \cdot 0,7 = 1,75\text{tn}$$

$$M_u = E \cdot \frac{h}{3} = 1,75 \text{ tn} \cdot 0,55\text{m} = 0,96 \text{ tnm}, 0,81 \text{ tnm con SAP}$$

COLUMNAS DEL AFORADOR DE SALIDA

$f'c =$	30,000	Mpa	
$f_y =$	420,000	Mpa	
$\beta =$	0,850	Si $f'c \leq 30 \text{ MPa}$	
$b =$	0,250		
$h =$	0,250	m	
$d = h - 0,035\text{m}$	0,200	m	
$L =$	1,650	m	
$M_u =$	8,100	KNm	Verificado con SAP
$M_n = M_u / 0,9$	0,009	MNm	
$m_n = M_n / b \cdot d^2 \cdot f'c =$	0,030		
$K_c = 1/\beta \cdot (1 - (1 - m_n/0,425)^{1/2})$	0,042		
$K_z = 0,5 + 0,5 \cdot (1 - (1 - m_n/0,425)^{1/2})$	0,982		
$\epsilon_s = 3(1 - k_c)/k_c =$	0,068	$> 0,005 \rightarrow f_s = f_y$	
$c = K_c \cdot d$	0,008		
$z = K_z \cdot d =$	0,196	m	
$A_s = M_n / z \cdot f_y =$	1,091	cm ²	
$A_{s\text{mín}} = (f'c)^{1/2} / 4f_y \cdot b \cdot d \geq 1,4/f_y \cdot b \cdot d$	1,630	cm ²	$> 1,667 \text{ cm}^2$
Adopto 4Ø 10	3,160		

ARMADURA DE CORTE

$V_u =$	0,015	MN	
$V_n = V_u / 0,75 =$	0,020	MN	
$\tau_n = V_n / b \cdot d =$	0,400	MN / m ²	$< \tau_{\text{lím}}$
$\tau_{\text{lím}} = 5/6 (f'c)^{1/2} =$	4,564	MN / m ²	
Contribución del hormigón:			
$V_c = 1/6 (f'c)^{1/2} \cdot b \cdot d =$	0,046	MN	
$V_s = V_n - V_c =$	-0,026	MN	$\rightarrow A_{v\text{mín}}$
separación $= s =$	0,200	m	
$A_{v\text{mín}} = 1/16 \cdot (f'c)^{1/2} \cdot b \cdot s / f_y \geq 0,33 b \cdot s / f_y$	0,408	0,393 cm ²	

Adopto estribos de 2 ramas de Ø 8mm cada 20 cm



14.6 Dimensionamiento de la base de la cámara de salida. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

Carga:

$$\text{Volumen mampostería} = 8,2\text{m} \cdot 3\text{m} \cdot 0,3\text{m} = 7,83\text{m}^3.$$

$$\text{Peso} = 1,7 \frac{\text{tn}}{\text{m}^3} \cdot 7,83 \text{m}^3 = 12,6\text{tn} = Q$$

$$\lambda = \frac{2\text{m}}{1,5\text{m}} = 1,3$$

$$M_x = Q \cdot \eta_{mx} = 0,0463 \cdot 12,6\text{tn} \cdot 1\text{m} = 0,583\text{tnm}$$

$$M_y = Q \cdot \eta_{my} = 0,0241 \cdot 12,6\text{tn} \cdot 1\text{m} = 0,304\text{tnm}$$

$$M_{ym\acute{a}x} = Q \cdot \eta_{mym\acute{a}x} = 0,0242 \cdot 12,6\text{tn} \cdot 1\text{m} = 0,305\text{tnm}$$

$$M_T = Q \cdot \eta_{mT} = \pm 0,0436 \cdot 12,6\text{tn} \cdot 1\text{m} = \pm 0,549\text{tnm}$$

Armadura según eje x.

$$M_x = 0,583\text{tnm} \cdot \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} = 58,3\text{tncm}$$

$$M_n = \frac{M_x}{0,9} = 64,8 \text{tncm}$$

$$m_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2 \cdot f_c} = \frac{64,8\text{tncm}}{100\text{cm} \cdot 49 \text{cm}^2 \cdot 0,3 \text{tn/cm}^2} = 0,0009$$

$$k_c = \frac{1}{0,85} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{0,0009}{0,425}} \right) = 0,0013$$

$$a = \beta_1 \cdot k_c \cdot d = 0,85 \cdot 0,0013 \cdot 7\text{cm} = 0,0075\text{cm}$$

$$T = 0,0075\text{cm} \cdot 100\text{cm} \cdot 0,85 \cdot 0,3 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = 0,19\text{tn}$$

$$A_{\text{nec}} = \frac{T}{\sigma} = \frac{0,19 \text{tn}}{4,2 \text{tn/cm}^2} = 0,045\text{cm}^2$$

$$A_{\text{mín}} = 0,0018 \cdot A_b = 0,0018 \cdot 100\text{cm} \cdot 12 \text{cm} = 2,16\text{cm}^2$$

Separación mínima:



$$*2,5\text{cm} \cdot 12\text{cm}=30\text{cm}$$

$$*25,0,8\text{cm}=20\text{cm}$$

$$*30\text{cm}$$

Adopto 1Ø8 cada 20cm.

Armadura según eje e igual que en el eje x.

Adopto 1Ø8 cada 20cm.

Nota: la viga de borde es solo constructiva, por lo tanto se adopta 3Ø8 abajo y 2 Ø8 arriba y estribos de 2 ramas de Ø8 cada 20cm.

$$A_{\text{min}} = 0,0018 \cdot A_b = 0,0018 \cdot 100\text{cm} \cdot 12\text{cm} = 2,16\text{cm}^2$$

14.7 Dimensionamiento de la base de la cañería de ingreso. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 201-2005)

Armadura según eje e igual que en el eje x.

Adopto 1Ø8 cada 20cm.

$$\lambda = \frac{2\text{m}}{1,5\text{m}} = 1,3$$

$$q_d = 2,5 \frac{\text{tn}^3}{\text{m}} \cdot 0,12\text{m} \cdot 2\text{m} \cdot 1,5\text{m} = 0,9\text{tn} \text{ (Peso propio)}$$

$$q_l = 1 \frac{\text{tn}^3}{\text{m}} \cdot 2,9\text{m} \cdot 2\text{m} \cdot 1,5\text{m} = 8,7\text{tn} \text{ (Peso del agua)}$$

$$Q = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot 0,9\text{tn} + 1,6 \cdot 8,7\text{tn} = 15\text{tn}$$

$$M_x = Q \cdot \eta_{mx} = 0,0463 \cdot 15\text{tn} \cdot 1\text{m} = 0,695\text{tnm}$$

$$M_y = Q \cdot \eta_{my} = 0,0241 \cdot 15\text{tn} \cdot 1\text{m} = 0,362\text{tnm}$$

$$M_{y\text{máx}} = Q \cdot \eta_{mymáx} = 0,0242 \cdot 15\text{tn} \cdot 1\text{m} = 0,363\text{tnm}$$

$$M_T = Q \cdot \eta_{mT} = \pm 0,0436 \cdot 15\text{tn} \cdot 1\text{m} = \pm 0,654\text{tnm}$$

Armadura según eje x.

$$M_x = 0,695\text{tnm} \cdot \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} = 69,5\text{tncm}$$

$$M_n = \frac{M_x}{0,9} = 77,2\text{tncm}$$



$$m_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2 \cdot f_c} = \frac{77,2 \text{ tncm}}{100 \text{ cm} \cdot 49 \text{ cm}^2 \cdot 0,3 \text{ tn/cm}^2} = 0,0011$$

$$k_c = \frac{1}{0,85} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{0,0011}{0,425}} \right) = 0,0015$$

$$a = \beta_1 \cdot k_c \cdot d = 0,85 \cdot 0,0015 \cdot 7 \text{ cm} = 0,009 \text{ cm}$$

$$T = 0,009 \text{ cm} \cdot 100 \text{ cm} \cdot 0,85 \cdot 0,3 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = 0,23 \text{ tn}$$

$$A_{nec} = \frac{T}{\sigma} = \frac{0,23 \text{ tn}}{4,2 \text{ tn/cm}^2} = 0,06 \text{ cm}^2$$

$$A_{mín} = 0,0018 \cdot A_b = 0,0018 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 12 \text{ cm} = 2,16 \text{ cm}^2$$

Adopto 1Ø8 cada 20cm.

Armadura según eje e igual que en el eje x.

Adopto 1Ø8 cada 20cm.

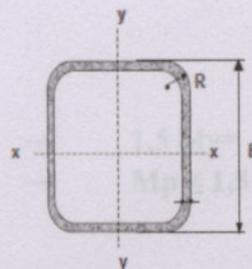
Viga de borde solo constructiva, 3Ø8 abajo y 2 Ø8 arriba, estribos de 2 ramas de Ø8 cada 20cm.

14.8 Dimensionamiento del sistema de protección para las pasarelas. (CIRSOC 101-2005; CIRSOC 301-2005)

DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN

DATOS:

B= (mm)	30,00
t(mm)	1,25
A(cm ²)	1,40
g(Kg/m)	1,10
I _x =I _y (cm ⁴)	1,90
S _x =S _y (cm ³)	1,26
r _x =r _y (cm)	1,17
Z _x =Z _y (cm ³)	1,49
J(cm ⁴)	2,95
C(cm ³)	2,06



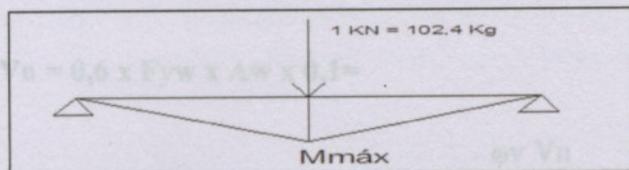
- B = Ancho exterior
- t = Espesor de pared
- R = Radio de esquina exterior = 2,00 t
- p = Área exterior por metro lineal
- A = Sección bruta
- g = Peso por metro lineal
- I = Momento de Inercia
- S = Módulo elástico resistente
- r = Radio de giro
- Z = Módulo plástico
- J = Módulo de Torsión
- C = Constante torsional



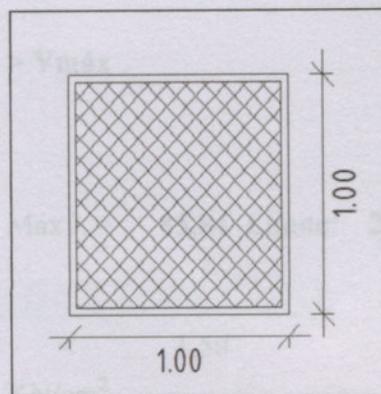
F_y (MPa)= 240,00
 E (mPa)= 200000,00
 Longitud 1,00

Siendo V_n la resistencia nominal al corte definida según las siguientes expresiones en KN
 Para:

Se deben diseñar para resistir una carga concentrada de 1KN aplicada en cualquier dirección en la parte superior y transferir esta carga a través de los sosportes (CIRSOC 101-cap 4- pág. 20)



$P = 1,00$ KN
 $Q_x = P/2 = 0,50$ KN
 $M_x = P * b/4 = 0,25$ KNm



Plastificación:

Resistencia de diseño a flexión para el estado límite deplastificación

es:

$M_d = \phi_b \times M_n$

$\phi_b =$ factor de resistencia a flexión= 0,90

$M_n = M_p$

$M_p =$ Momento Plástico= $F_y \times Z \times (10^{-3}) \leq 1,5 M_y$ (KNm) , para evitar que en estado de servicio se produzcan deformaciones plásticas.

$M_y =$ momento elástico, momento para el cual alcanza la fluencia la fibra más alejada del eje neutro.

$F_y =$ Tensión de fluencia mínima especificada.

$Z =$ Módulo plástico de la sección

$S =$ Módulo resistente elástico de la sección.

$M_y = F_y \times S \times (10^{-3})$ 0,30 \rightarrow $1,5 M_y = 0,45$

$M_p = F_y \times Z \times (10^{-3})$ 0,36 \rightarrow $M_p \leq 1,5 M_y$ (KNm)

$M_n = M_p$

$\rightarrow M_d = \phi M_n$ (KNm)= 0,32 $> M_{máx}$

Resistencia de diseño al corte

La resistencia de diseño al corte de almas no rigidizadas, con $h/t_w \leq 260$, será:



$$\phi_v V_n \quad \text{con } \phi_v = 0,90$$

$$h/t_w = 24,00$$

Siendo V_n la resistencia nominal al corte definida según las siguientes expresiones, en KN
Para:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,45 \times \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} = 70,73$$

$$V_n = 0,6 \times F_{yw} \times A_w \times 0,1 = 20,12 \text{ KN}$$

$$\phi_v V_n = 18,11 > V_{m\acute{a}x}$$

ESTADO LÍMITE DE COMPRESIÓN

CIRSOC 301- EL (Pág 45-46)

$$K_x = K_y = 1,00$$

$$\lambda_x = K_x \cdot L_x / r_x = 85,84$$

$$\lambda_y = K_y \cdot L_y / r_y = 85,84$$

$$\text{Máx } \lambda = 85,84 \text{ Límite: } 200,00$$

$$\lambda_c = (1/\pi) (K L/r) (F_y/E)^{0,5} = 0,95 < 1,50$$

$$F_{cr} = (0,658 \lambda_c^2) F_y = 16,50 \text{ KN/cm}^2$$

$$\phi_c = 0,85$$

$$\phi_c \cdot P_n = \phi \cdot A_g \cdot F_{cr} = 19,59 \text{ KN} > P_u \rightarrow \text{BC}$$



15.1 Introducción

Los principales factores que intervienen en la obtención de una efectiva eliminación de las bacterias son el mecanismo efectivo de la solución de cloro con el agua residual, el tiempo de contacto y el cloro residual. El tiempo de contacto suele venir especificado por los organismos de control, y puede variar entre 15 y 45 min. La cantidad de cloro residual se especifica en las normas reguladoras o se obtiene a partir de estudios.

La cámara de contacto tiene como función asegurar un tiempo de contacto fijo entre el agua y el cloro, de tal modo de asegurar la remoción de bacterias, virus y parásitos presentes en el agua.

Dada la importancia del tiempo de contacto es necesario prestar especial atención al diseño de la cámara de cloración, de modo que al menos entre el 80 y el 90% del agua residual permanezca dentro del tanque durante el tiempo de contacto especificado. La mejor manera de alcanzar este objetivo es emplear un tanque de laberinto de tipo flujo piston.

15.2 Dimensionamiento de la cámara de contacto

15) CÁLCULO DE LA CÁMARA DE CONTACTO.

Para el diseño de la cámara de contacto se debe en cuenta los siguientes parámetros:

TRH = Tiempo de retención hidráulica = 50 min. = 3000 seg.

Q = Caudal de diseño = $0,09 \text{ m}^3/\text{seg.}$

$$Vol = Q \times TRH$$

$$Vol = 0,09 \text{ m}^3/\text{seg} \times 3000 \text{ seg}$$

$$Vol = 270 \text{ m}^3$$

Se adopta un ancho efectivo, un largo efectivo y se obtiene la altura, teniendo en cuenta de dejar, como mínimo, 20cm de borde libre.

Tabiques o pantallas.

Se adoptan 25 tabiques de $7\text{m} \times 0,2\text{m} \times 1,60\text{m}$.

Entonces el volumen total que ocupan los tabiques se agregan al volumen obtenido por fórmula para poder obtener las dimensiones reales de la cámara de contacto.

Volumen de los tabiques = $25 \times 7\text{m} \times 0,2\text{m} \times 1,60\text{m} = 56\text{m}^3$

Volumen total = $270\text{m}^3 + 56\text{m}^3 = 326 \text{ m}^3$

Ancho adoptado = 8m



15.1 Introducción

Los principales factores que intervienen en la obtención de una efectiva eliminación de las bacterias son el mezclado efectivo de la solución de cloro con el agua residual, el tiempo de contacto y el cloro residual. El tiempo de contacto suele venir especificado por los organismos de control, y puede variar entre 15 y 45 min. La cantidad de cloro residual se especifica en las normas reguladoras o se obtiene a partir de estudios.

La cámara de contacto tiene como función asegurar un tiempo de contacto fijo entre el agua y el cloro, de tal modo de asegurar la remoción de bacterias, virus y parásitos presentes en el agua.

Dada la importancia del tiempo de contacto es necesario prestar especial atención al diseño de la cámara de cloración, de modo que al menos entre el 80 y el 90% del agua residual permanezca dentro del tanque durante el tiempo de contacto especificado. La mejor manera de alcanzar este objetivo es emplear un tanque de laberinto de tipo flujo pistón.

15.2 Dimensionamiento de la cámara de contacto.

Para el diseño de la cámara de contacto se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

TRH = Tiempo de retención hidráulica = 50 min. = 3000 seg.

Q = Caudal de diseño = $0,09 \text{ m}^3/\text{seg}$.

$$Vol = Q \times TRH$$

$$Vol = 0,09 \text{ m}^3/\text{seg} \times 3000 \text{ seg}$$

$$Vol = 270 \text{ m}^3$$

Se adopta un ancho efectivo, un largo efectivo y se obtiene la altura, teniendo en cuenta de dejar, como mínimo, 20cm de borde libre.

Tabiques o pantallas.

Se adoptan 25 tabiques de $7 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,60 \text{ m}$.

Entonces el volumen total que ocupan los tabiques se agregan al volumen obtenido por fórmula para poder obtener las dimensiones reales de la cámara de contacto.

Volumen de los tabiques = $25 \times 7 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,60 \text{ m} = 56 \text{ m}^3$

Volumen total = $270 \text{ m}^3 + 56 \text{ m}^3 = 326 \text{ m}^3$

Ancho adoptado = 8m



Largo adoptado= 26m

$$\text{Altura obtenida} = H = \frac{326m^3}{(8m \times 26m)} \rightarrow \boxed{H \cong 1,60m}$$

15.3 Dimensionamiento de columnas de la cámara de contacto.

$$E = 0,5 \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_o$$

$K_o = 0,7$ (Teoría de Rankine)

$$\gamma = 1,7 \frac{tn}{m^3}$$

Mayorizando la carga:

$$E = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 1,7 \frac{tn}{m^3} \cdot (3,2m)^2 \cdot 1,5m \cdot 0,7 = 11tn$$

$$Mu = E \cdot \frac{h}{3} = 11 tn \cdot 1,07m = 11,73 tnm, 11,64tnm \text{ con SAP}$$

COLUMNAS DE LA CÁMARA DE CONTACTO

$f'c =$	30,000	Mpa	
$f_y =$	420,000	Mpa	
$\beta =$	0,850	Si $f'c \leq 30 \text{ MPa}$	
$b =$	0,250		
$h =$	0,400	m	
$d = h - 0,035m$	0,350	m	
$L =$	3,200	m	
$Mu =$	116,400	KNm	
$Mn = Mu / 0,9$	0,129	MNm	
$mn = Mn / b \cdot d^2 \cdot f'c =$	0,141		
$Kc = 1/\beta \cdot (1 - (1 - mn/0,425)^{1/2})$	0,214		
$Kz = 0,5 + 0,5 \cdot (1 - (1 - mn/0,425)^{1/2})$	0,909		
$es = 3(1 - kc)/kc =$	0,011	$> 0,005 \rightarrow fs = fy$	
$c = Kc \cdot d$	0,075		
$z = Kz \cdot d =$	0,318	m	
$As = Mn / z \cdot fy =$	9,680	cm ²	
$As_{mín} = (f'c)^{1/2} / 4fy \cdot b \cdot d \geq 1,4/fy \cdot b \cdot d$	2,853	cm ²	$> 2,917 \text{ cm}^2$
Adopto 6Ø 16	12,060		

ARMADURA DE CORTE

$$Vu = 0,160 \text{ MN}$$



$V_n = V_u / 0,75 =$	0,213	MN	
$\tau_n = V_n / b \cdot d =$	2,438	/m ²	< $\tau_{\text{lím}}$
$\tau_{\text{lím}} = 5/6 (f'c)^{1/2} =$	4,564	/m ²	
Contribución del hormigón:			
$V_c = 1/6 (f'c)^{1/2} \cdot b \cdot d =$	0,080	MN	
$V_s = V_n - V_c =$	0,133	MN	
separación mínima = s =	0,200	m	
$A_{v\text{mín}} = 1/16 \cdot (f'c)^{1/2} \cdot b \cdot s / f_y \geq 0,33 b \cdot s / f_y$	0,408	0,393	cm ²
A_v adopt = Ø8 de cuatro ramas	2,000	cm ²	
$a_v = A_v / s = V_s / f_y \cdot d$	0,091	cm	
$s = A_v / a_v =$	22,030	cm	

Adopto estribos de 4 ramas de Ø 8mm cada 20 cm

15.4 Dimensionamiento de la losa de la cámara de contacto.

$$\lambda = \frac{26m}{8m} = 3.25$$

$$q_d = 2,5 \frac{\text{tn}^3}{\text{m}} \cdot 0,2m \cdot 1m = 0,5 \text{tn/m (Peso propio)}$$

$$q_d = 1,7 \frac{\text{tn}^3}{\text{m}} \cdot 0,2m \cdot 2,0m = 0,68 \text{tn/m (Peso mampostería)}$$

$$q_l = 1 \frac{\text{tn}^3}{\text{m}} \cdot 0,8m \cdot 1,6m = 1,28 \text{tn/m (Peso del agua)}$$

$$Q = 1,2 \cdot q_d + 1,6 \cdot q_l = 1,2 \cdot \left(0,5 \frac{\text{tn}}{\text{m}} + \frac{0,68 \text{tn}}{\text{m}}\right) + 1,6 \cdot 1,28 \text{tn/m} = 3,46 \text{tn/m}$$

$$M_x = \frac{Q \cdot l^2}{8} = \frac{3,63 \frac{\text{tn}}{\text{m}} \cdot (8m)^2}{8} = 27,7 \text{tnm}$$

Armadura según eje x.

$$M_x = 27,7 \text{tnm} \cdot \frac{100\text{cm}}{1m} = 2770 \text{tncm}$$

$$M_n = \frac{M_x}{0,9} = 3077 \text{tncm}$$

$$m_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2 \cdot f'c} = \frac{3077 \text{tncm}}{100\text{cm} \cdot (18\text{cm})^2 \cdot 0,3 \text{tn/cm}^2} = 0,31$$



$$k_c = \frac{1}{0,85} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{0,31}{0,425}} \right) = 0,56$$

$$a = \beta_1 \cdot k_c \cdot d = 0,85 \cdot 0,56 \cdot 18\text{cm} = 9,56\text{cm}$$

$$T = 8,56\text{cm} \cdot 100\text{cm} \cdot 0,85 \cdot 0,3 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = 218,28\text{tn}$$

$$A_{\text{xnec}} = \frac{T}{\sigma} = \frac{244,3 \text{ tn}}{4,2 \text{ tn/cm}^2} = 52\text{cm}^2$$

$$A_{\text{mín}} = 0,0018 \cdot A_b = 0,0018 \cdot 100\text{cm} \cdot 18 \text{ cm} = 3,24\text{cm}^2$$

Adopto 1Ø25 cada 9cm.

Armadura según eje y:

$$A_y = 0,2 \cdot A_x = 0,2 \cdot 52 \text{ cm}^2 = 10,4\text{cm}^2$$

Adopto 1Ø16 cada 20cm.

15.5 Mantenimiento de la velocidad de transporte.

La velocidad en la cámara deberá ser suficiente para arrastrar los sólidos del fondo o, como mínimo, proporcionar una sedimentación mínima de los flóculos de fango que hayan podido escapar. Las velocidades deberán ser de 2 a 4,5 m/min como mínimo.

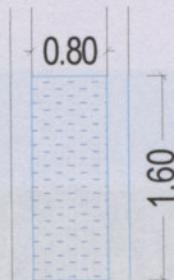


Fig.15-1. Sección del canal interior de la cámara de contacto.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,09 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}}{1,60\text{m} \times 0,8\text{m}} \rightarrow \boxed{V = 0,07 \text{ m/seg} = 4,2\text{m/min}}$$

Fig. 15-4. Cámara de contacto

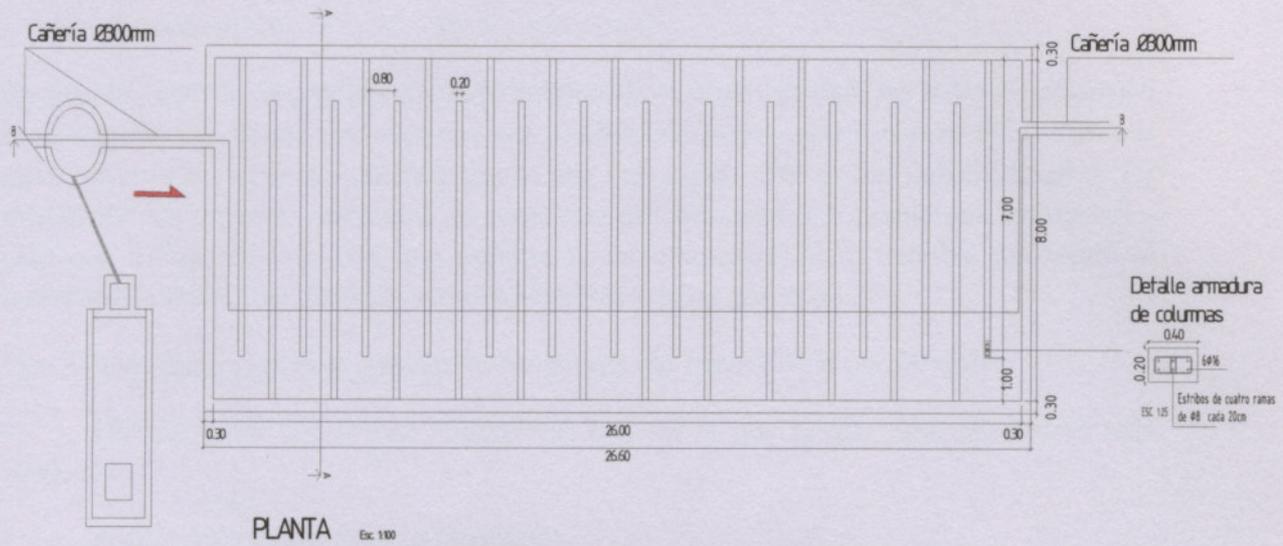


Fig. 15-2. Planta de la Cámara de Contacto

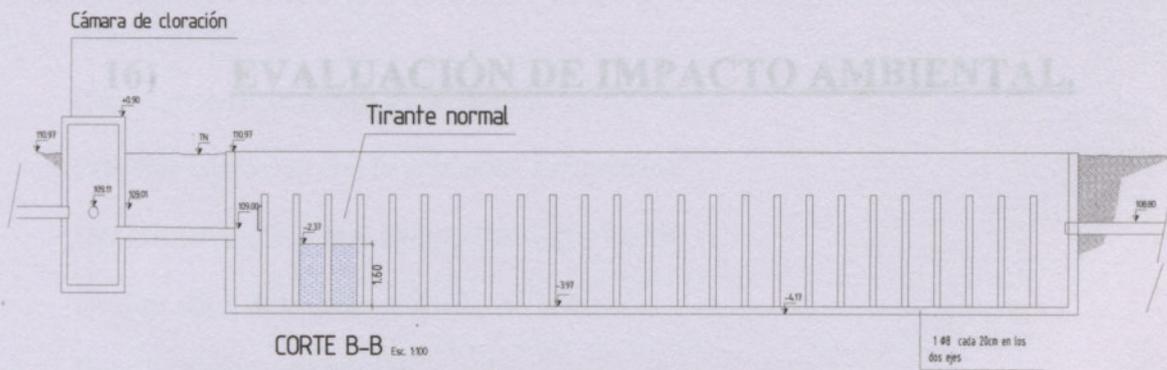


Fig. 15-3. Corte de la Cámara de contacto.



Fig. 15-4. Cámara de contacto.



16.1 Introducción

En general, cuando se produce un daño ambiental sobre un sistema, los costos asociados a la reparación del mismo (en caso que sea posible una reparación) son muy altos. Por otra parte, en muchos casos no puede lograrse una reparación total de los daños causados. La evaluación de impacto ambiental no soluciona por sí misma los problemas ambientales, sino que es una herramienta que permite la incorporación de la variable ambiental al momento de tomar una decisión sobre la viabilidad de un proyecto.

Una Evaluación de Impacto Ambiental constituye una herramienta que permite:

- Decidir entre dos o más alternativas cual es la que resulta ambientalmente más sustentable.
- Prevenir potenciales daños ambientales.

Existen diferentes motivos para la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Estos pueden ser:

16) EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

- Cumplir con los requisitos de la legislación.
- Prevenir conflictos con la población circundante.
- Decidir entre dos o más alternativas tecnológicas.
- Decidir entre dos o más ubicaciones posibles.
- Prevenir daños ambientales.
- Evitar futuros costos asociados a daños ambientales.
- Evaluar si se contará con la infraestructura necesaria para soportar el proyecto.
- Cumplir con los requisitos para la obtención de un crédito.

16.2 Alcance

El presente estudio de evaluación ambiental analiza los impactos al medioambiente natural y social que originará la construcción y puesta en marcha del cuarto módulo de lagunas de estabilización, siguiendo las directivas de la ley 11717 - Dec. 101 y la Ley 11739, con el objeto de cumplimentar con la normativa vigente.



16.1 Introducción de los factores ambientales.

En general, cuando se produce un daño ambiental sobre un sistema, los costos asociados a la reparación del mismo (en caso que sea posible una reparación) son muy altos. Por otra parte, en muchos casos no puede lograrse una reparación total de los daños causados. La evaluación de impacto ambiental no soluciona por si misma los problemas ambientales, sino que es una herramienta que permite la incorporación de la variable ambiental al momento de tomar una decisión sobre la viabilidad de un proyecto.

Una Evaluación de Impacto Ambiental constituye una herramienta que permite:

- Decidir entre dos o más alternativas cual es la que resulta ambientalmente más sustentable,
- Prever potenciales daños ambientales

Existen diferentes motivos para la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Estos pueden ser:

- Cumplir con la normativa vigente
- Prevenir conflictos con la población circundante
- Decidir entre dos o más alternativas tecnológicas
- Decidir entre dos o más ubicaciones posibles
- Prevenir daños ambientales
- Evitar futuros costos asociados a daños ambientales
- Evaluar si se contara con la infraestructura necesaria para soportar el proyecto
- Cumplir con los requisitos para la obtención de un crédito

16.2 Alcances:

El presente estudio de evaluación ambiental analiza los impactos al medioambiente natural y social que originará la construcción y puesta en marcha del cuarto módulo de lagunas de estabilización, siguiendo las directivas de la ley 11717 – Dec. 101 y la Ley 11730, con el objeto de cumplimentar con la normativa vigente.



16.3 Identificación de los factores ambientales.

A continuación se detallan los factores ambientales y sociales directamente involucrados en el proyecto

- a- Factores ambientales:
 - Olores
 - Contaminación de aguas superficiales
 - Contaminación del acuífero
 - Organismos patógenos
 - Vectores de transmisión de enfermedades
 - Contaminación por residuos sólidos
 - Flora y fauna
- b- Factores relativos al impacto social:
 - Territorio: uso inadecuado del territorio
 - Aspectos socioculturales:
 - Calidad de vida de la población
 - Empleos o trabajos que se generan en la zona
 - Infraestructura sanitaria

16.4 Medidas de mitigación de impactos ambientales:

Se debe realizar un Informe Ambiental de Cumplimiento (IAC) y en él especificar los detalles técnicos y el respectivo plan de gestión, con el objeto de administrar y gestionar los aspectos ambientales mencionados anteriormente.

Algunas de las posibles medidas de mitigación, las cuales deberán ser analizadas en un correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, pueden ser:

- La construcción de una barrera forestal en la dirección del viento de manera de controlar los olores que pudiesen afectar a la población.
- Para evitar la contaminación del acuífero se deberán impermeabilizar correctamente las lagunas.
- La contaminación por residuos sólidos y el control de vectores que podrían ser transmisores de enfermedades, se deberá evitar mediante la implementación de controles de limpieza y mantenimiento de las lagunas y sus alrededores.



PLANILLA DE RUBROS

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD
1	TAREAS PRELIMINARES	
1.1	Limpieza del terreno (extracción de árboles, malezas, residuos, etc.)	m ²
2	PROCEDIMIENTOS Y CUMPLIMIENTOS	
2.1	Obrador	U
2.2	Cartel de obra	U
2.3	Replanteo	m ²
2.4	Estado de suelo	U
2.5	Platos ejecutivos y conforme a obra	U
3	MOVIMIENTO DE SUELOS	
3.1	Excavación lagunas	m ³
3.2	Excavación para bases	m ²
3.3	Compactación	m ²
3.4	Terrolenes	m ²
3.5	Impermeabilización	m ²
3.6	Revestimiento de muros	m ²
3.7	Sobra de tierra	m ³
4	ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO	
4.1	Hormigón armado de bases H30	m ³
4.2	Hormigón armado de columnas H30	m ³
4.3	Hormigón armado de losas H30	m ³
4.4	Hormigón armado de vigas H30	m ³
5	ALBAÑILERÍA	
5.1	Colocación de barandas	m ²
5.2	Mampostería de ladrillos comunes de 0,30m	m ²
5.3	Mampostería de ladrillos cerámicos de 0,20m	m ²
6	 AISLACIÓN	
6.1	Aislación film de polietileno bajo losas	m ²
6.2	Aislación vertical en muros	m ²
7	REVOQUES	
7.1	Revoque grueso exterior a la cal	m ²
8	HERRERÍAS	
8.1	Barandas para pasarelas tornacuestras	m ²
8.2	Zinguera	m ²
9	INSTALACION SANITARIA	

17) CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.



PLANILLA DE RUBROS

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD
1	TAREAS PRELIMINARES	
1.1	Limpieza del terreno (extracción de árboles, malezas, residuos, etc.)	m ²
2	PROCEDIMIENTOS Y CUMPLIMIENTOS	
2.1	Obrador	U
2.2	Cartel de obra	U
2.3	Replanteo	m ²
2.4	Estudio de suelo	U
2.5	Planos ejecutivos y conforme a obra	U
3	MOVIMIENTO DE SUELOS	
3.1	Excavación lagunas	m ³
3.2	Excavación para bases	m ³
3.3	Compactación	m ³
3.4	Terraplenes	m ³
3.5	Impermeabilización del fondo	m ²
3.6	Recubrimiento de taludes	m ²
3.7	Sobrante de tierra	m ³
4	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO	
4.1	Hormigón armado de bases H30	m ³
4.2	Hormigón armado de columnas H30	m ³
4.3	Hormigón armado de losas H30	m ³
4.4	Hormigón armado de vigas H30	m ³
5	ALBAÑILERÍA	
5.1	Colocación de barandas	ml
5.2	Mampostería de ladrillos comunes de 0,30m	m ²
5.3	Mampostería de ladrillos cerámicos de 0,20m	m ²
6	 AISLACIÓN	
6.1	Aislación film de polietileno bajo losas	m ²
6.2	Aislación vertical en muros	m ²
7	REVOQUES	
7.1	Revoque grueso exterior a la cal	m ²
8	HERRERÍAS	
8.1	Barandas para pasarelas tomamuestras	ml
8.2	Zinguería	ml
9	INSTALACION SANITARIA	



- 9.1 Cañería de PVC ml
- 9.2 Equipo de cloración GL
- 10 INSTALACION ELÉCTRICA**
- 10.1 Instalación eléctrica completa GL

COMPUTO MÉTRICO									
Nº DE ORDE N	DESIGNACION DE LA OBRA	Nº DE PARTE S	LARGO	ESPESO RO ANCHO	ALTUR A	U	CANTIDAD		TOTAL
							PARCIAL ES	TOTALE S	
1 TAREAS PRELIMINARES									
	Limpeza del terreno (extracción de árboles, malezas, residuos, etc.)		200,0	500,0					
1.1		1,00	0 m	0 m		m ²	100000		100000,0
								100000	0
PROCEDIMIENTOS Y CUMPLIMIENTOS									
2 S									
2.1	Obrador	1,00				U	1,00		1,00
2.2	Cartel de obra	1,00				U	1,00		1,00
2.3	Replanteo	1,00	200,0	500,0		m ²	100000,0		100000,0
			0	0				100000	0
2.4	Estudio de suelo	1,00				U	1,00		1,00
								1	1,00
2.5	Planos ejecutivos y conforme a obra	1,00				U	1,00		1,00
								1	1,00
3 MOVIMIENTO DE SUELOS									
3.1	Excavación lagunas	1,00				m ³	187104		187104,0
								187104	0
3.2	Excavación para bases	1,00				m ³	30		30,00
								30	30,00
3.3	Compactación	1,00				m ³	122298		122298,0
								122298	0
3.4	Terraplenes	1,00				m ³	17167		17167,00
								17167	17167,00
3.5	Impermeabilización del fondo	1,00				m ²	95183		95183,00



95183

3.6	Recubrimiento de taludes	1,00				m ²	27115		
								27115	27115,00
3.7	Sobrante de tierra	1,00				m ³	169937		169937,0
								169937	0
4	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO								
4.1	Hormigón armado de bases H30								
	Ingreso a la laguna anaeróbica	1,00				m ³	0,86		
	Pasarelas	1,00				m ³	0,86		
								1,72	2,00
4.2	Hormigón armado de columnas H30								
	Columnas ingreso	1,00	10,60 m	0,40 m	0,40 m	m ³	1,696		
	Columnas pasarelas	1,00	21,25 m	0,30 m	0,30 m	m ³	1,9125		
	Columnas aforadores	1,00	31,20 m	0,30 m	0,30 m	m ³	2,808		
	Columnas cámara de contacto	1,00	0 m	0,20 m	0,20 m	m ³	15		
		1,00	138,0 m	0,30 m	0,30 m	m ³	12,42		
								33,8365	34,00
4.3	Hormigón armado de losas H30								
	Base de aforadores	3,00	2,00 m	1,50 m	0,12 m	m ³	1,08		
	Base de cañería de ingreso	4,00	2,00 m	1,50 m	0,12 m	m ³	1,44		
	Base de cámara de contacto	1,00	26,00 m	9,00 m	0,20 m	m ³	46,8		
								49,32	50,00
4.4	Hormigón armado de vigas H30								
	Vigas de ingreso	1,00	14,00 m	0,40 m	0,20 m	m ³	1,12		
	Vigas de pasarelas	1,00				m ³	5		
	Vigas de bases de aforadores	1,00	38,00 m	0,30 m	0,20 m	m ³	2,28		
	Vigas de bases cañerías de ingreso	1,00	6,00 m	0,30 m	0,50 m	m ³	0,9		
								9,3	10,00
5	ALBAÑILERÍA								
5.1	Colocación de barandas	3,00	60,00 m			m ml	180		
								180	180,00
5.2	Mampostería de ladrillos comunes de 0,30m	1,00	70,00 m		3,00 m	m ²	210		
								210	210,00



		PRECIO UNITARIO					
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	UNIDAD	TOTAL	TOTAL	
5.3	Mampostería de ladrillos cerámicos de 0,20m	150,00	m	3,00 m m ²	450	450,00	
6	AISLACIÓN						
6.1	Aislación film de polietileno bajo losas	30,00	m	12,00 m	360	360,00	
6.2	Aislación vertical en muros	16,40	m	3,00 m	49,2		
	Aislación en aforadores	16,40	m	1,60 m	26,24		
		16,40	m	1,50 m	24,6		
		7,20	m	1,60 m	11,52		
	Aislación en cámara de contacto	520,0	m	3,00 m	1560		
					1671,56	1672,00	
7	REVOQUES						
7.1	Revoque grueso exterior a la cal	1,00					
8	HERRERÍAS						
8.1	Barandas para pasarelas tomamuestras	60,00			60,00		
8.2	Zinguería	14,00	m		14	14,00	
9	INSTALACION SANITARIA						
9.1	Cañería de PVC	1,00			700	700,00	
9.2	Equipo de cloración	1,00			1	1,00	
10	INSTALACION ELÉCTRICA						
10.1	Instalación eléctrica completa	1,00			1	1,00	



PRECIO UNITARIO						
RUBRO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO M.O. Y MAT	UNIDAD	SUB TOTAL	TOTAL
1	TAREAS PRELIMINARES					6617000
1.1	Limpieza del terreno (extracción de árboles, malezas, residuos, etc.)	100000,00	66,17	m ²	6617000,00	
2	PROCEDIMIENTOS Y CUMPLIMIENTOS					4622345
2.1	Obrador	1,00	1888,43	U	1888,43	
2.2	Cartel de obra	1,00	1456,29	U	1456,29	
2.3	Replanteo	100000,00	45,49	m ²	4549000,00	
2.4	Estudio de suelo	1,00	20000,00	U	20000,00	
2.5	Planos ejecutivos y conforme a obra	1,00	50000,00	U	50000,00	
3	MOVIMIENTO DE SUELOS					15669270
3.1	Excavación lagunas	187104,00	117,43	m ³	21971622,72	
3.2	Excavación para bases	30,00	687,53	m ³	20625,90	
3.3	Compactación	122298,00	5,00	m ³	611490,00	
3.4	Terraplenes	17167,00	113,94	m ³	1956007,98	
3.5	Impermeabilización del fondo	95183,00	7,58	m ²	721487,14	
3.6	Recubrimiento de taludes	27115,00	84,22	m ²	2283625,30	
3.7	Sobrante de tierra	169937,00	70,00	m ³	11895590,00	
4	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO					4528
4.1	Hormigón armado de bases H30					
	Hormigón H25	2,00	2049,37	m ³	4098,74	



	Hierros Ø8	4,00	107,30	barras	429,20	
4.2	Hormigón armado de columnas H30					242293
	Hormigón H30	34,00	2123,40	m ³	72195,60	
	Hierros Ø16	230,00	417,10	barras	95933,00	
	Hierros Ø12	165,00	238,54	barras	39359,10	
	Hierros Ø10	125,00	165,59	barras	20698,75	
	Hierros Ø8	118,00	107,30	barras	12661,40	
	Hierros Ø6	17,00	85,00	barras	1445,00	
4.3	Hormigón armado de losas H30					130313
	Hormigón H30	50,00	2123,40	m ³	106170,00	
	Hierros Ø8	225,00	107,30	barras	24142,50	
4.4	Hormigón armado de vigas H30					83807
	Hormigón H30	10,00	2123,40	m ³	21234,00	
	Hierros Ø16	4,00	417,10	barras	1668,40	
	Hierros Ø12	20,00	238,54	barras	4770,80	
	Hierros Ø10	7,00	165,59	barras	1159,13	
	Hierros Ø8	65,00	107,30	barras	6974,50	
	Alquiler de materiales para armar	96,00	500,00	gl	48000,00	
5	ALBAÑILERÍA					1032869
5.1	Colocación de barandas	180,00	320,08	ml	57614,40	
5.2	Mampostería de ladrillos comunes de 0,30m	210,00	3721,74	m ²	781565,40	



5.3	Mampostería de ladrillos cerámicos de 0,20m	450,00	430,42	m ²	193689,00	
6	AISLACIÓN					294198
6.1	Aislación film de polietileno bajo losas	360,00	62,91	m ²	22647,60	
6.2	Aislación vertical en muros	1672,00	162,41	m ²	271549,52	
7	REVOQUES					386467
7.1	Revoque grueso exterior a la cal	1672,00	231,14	m ²	386466,08	
8	HERRERÍAS					120365
8.1	Barandas para pasarelas tomamuestras	60,00	1951,44		117086,40	
8.2	Zinguería	14,00	234,14	ml	3277,96	
9	INSTALACION SANITARIA					215298
9.1	Cañería de PVC	700,00	236,14	ml	165298,00	
9.2	Equipo de cloración	1,00	50000,00	GL	50000,00	
10	INSTALACION ELÉCTRICA					250000
10.1	Instalación eléctrica completa	1,00	250000,00		250000,00	

TOTAL

29668753



Para afrontar las ocupaciones ocasionadas por la realización de este proyecto se plantean algunas opciones, las cuales se detallan a continuación:

- 1- Una opción sería solicitar un crédito en el BNUHSA (Banco Nacional de Obras Hidráulicas de Saneamiento). Existen programas denominados PROMES (Programa de Obras Menores de Saneamiento), cuyo objetivo es la asistencia financiera a otros prestadores de servicios, a través del otorgamiento de préstamos para la realización de obras de saneamiento. Dichos préstamos son de hasta \$25.000.000 y se pagan en 120 cuotas mensuales, con una tasa de 1/3 de la tasa activa del Banco Nación con un piso del 9%. En caso de que se supere ese monto se pueden solicitar los créditos PROMES. En nuestro caso se supera ese monto, por lo tanto se suscribiría un crédito y la diferencia lo afronta la Cooperativa de obras Sanitarias con recursos propios.

Por ejemplo, como 1/3 de la tasa activa del banco Nación al día de hoy es 7,29% anual, consideramos una tasa del 9% anual y utilizando el sistema de Amortización Francés que es el que actualmente utiliza el Banco Nación, tenemos:

18) ESTUDIO ECONÓMICO DE FINANCIACIÓN.

INTEJ ANUAL	
INTERES MENSUAL	
CAPITAL	
CUOTAS	
NÚMERO DE ASOCIADOS	

Cuota	INTERES	CAPITAL	TOTAL	Saldo	Porcentaje
1	187.960,00	129.189,43	316.689,43	28.209,43	8,91
2	186.531,04	130.156,38	316.689,43	26.705,43	8,40
3	185.114,89	131.114,54	316.689,43	25.199,43	7,93
4	183.717,34	132.114,05	316.689,43	23.677,43	7,47
5	182.345,30	133.108,91	316.689,43	22.137,43	7,02
6	181.003,18	134.107,23	316.689,43	20.585,43	6,58
7	179.696,34	135.112,06	316.689,43	19.020,43	6,15
8	178.429,83	136.126,41	316.689,43	17.441,43	5,73
9	177.207,04	137.147,35	316.689,43	15.848,43	5,31
10	176.032,37	138.175,96	316.689,43	14.241,43	4,90
11	174.907,34	139.212,28	316.689,43	12.611,43	4,50
12	173.835,96	140.256,37	316.689,43	10.968,43	4,11
13	172.811,14	141.308,29	316.689,43	9.311,43	3,73
14	171.837,77	142.368,11	316.689,43	7.641,43	3,36
15	170.919,57	143.435,81	316.689,43	5.958,43	3,00
16	170.059,99	144.511,54	316.689,43	4.263,43	2,64
17	171.093,86	145.595,47	316.689,43	2.556,43	2,30



Para afrontar las erogaciones ocasionadas por la realización de este proyecto se pensaron algunas opciones, las cuales se detallan a continuación:

- 1- Una opción sería solicitar un crédito en el ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento). Existen programas denominados PROMES (Programa de Obras Menores de Saneamiento), cuyo objetivo es la asistencia financiera a entes prestadores de servicios, a través del otorgamiento de préstamos para la realización de obras de saneamiento. Dichos préstamos son de hasta \$25.000.000 y se pagan en 120 cuotas mensuales, con una tasa de 1/3 de la tasa activa del Banco Nación con un piso del 9 %. En caso de que se supere ese monto se pueden solicitar dos créditos PROMES. En nuestro caso se supera ese monto, por lo tanto se solicitarían 1 crédito y la diferencia lo afronta la Cooperativa de obras Sanitarias con recursos propios.

Por ejemplo, como 1/3 de la tasa activa del banco Nación al día de hoy es 7,89% anual consideramos una tasa del 9% anual y utilizando el sistema de Amortización Francés, que es el que actualmente utiliza el Banco Nación, tenemos:

INTERES ANUAL:	9,00%
INTERES MENSUAL:	0,75%
CAPITAL:	25.000.000
CUOTAS:	120
NÚMERO DE ASOCIADOS	27000

Cuota	INTERES	CAPITAL	TOTAL	SALDO	CUOTA ASOCIADO
1	187.500,00	129.189,43	316.689,43	24.870.810,57	11,73
2	186.531,08	130.158,36	316.689,43	24.740.652,21	11,73
3	185.554,89	131.134,54	316.689,43	24.609.517,67	11,73
4	184.571,38	132.118,05	316.689,43	24.477.399,62	11,73
5	183.580,50	133.108,94	316.689,43	24.344.290,68	11,73
6	182.582,18	134.107,25	316.689,43	24.210.183,42	11,73
7	181.576,38	135.113,06	316.689,43	24.075.070,37	11,73
8	180.563,03	136.126,41	316.689,43	23.938.943,96	11,73
9	179.542,08	137.147,35	316.689,43	23.801.796,60	11,73
10	178.513,47	138.175,96	316.689,43	23.663.620,64	11,73
11	177.477,15	139.212,28	316.689,43	23.524.408,36	11,73
12	176.433,06	140.256,37	316.689,43	23.384.151,99	11,73
13	175.381,14	141.308,29	316.689,43	23.242.843,70	11,73
14	174.321,33	142.368,11	316.689,43	23.100.475,59	11,73
15	173.253,57	143.435,87	316.689,43	22.957.039,72	11,73
16	172.177,80	144.511,64	316.689,43	22.812.528,09	11,73
17	171.093,96	145.595,47	316.689,43	22.666.932,61	11,73



18	170.001,99	146.687,44	316.689,43	22.520.245,17	11,73
19	168.901,84	147.787,60	316.689,43	22.372.457,58	11,73
20	167.793,43	148.896,00	316.689,43	22.223.561,58	11,73
21	166.676,71	150.012,72	316.689,43	22.073.548,85	11,73
22	165.551,62	151.137,82	316.689,43	21.922.411,04	11,73
23	164.418,08	152.271,35	316.689,43	21.770.139,68	11,73
24	163.276,05	153.413,39	316.689,43	21.616.726,30	11,73
25	162.125,45	154.563,99	316.689,43	21.462.162,31	11,73
26	160.966,22	155.723,22	316.689,43	21.306.439,09	11,73
27	159.798,29	156.891,14	316.689,43	21.149.547,95	11,73
28	158.621,61	158.067,82	316.689,43	20.991.480,13	11,73
29	157.436,10	159.253,33	316.689,43	20.832.226,79	11,73
30	156.241,70	160.447,73	316.689,43	20.671.779,06	11,73
31	155.038,34	161.651,09	316.689,43	20.510.127,97	11,73
32	153.825,96	162.863,47	316.689,43	20.347.264,49	11,73
33	152.604,48	164.084,95	316.689,43	20.183.179,54	11,73
34	151.373,85	165.315,59	316.689,43	20.017.863,96	11,73
35	150.133,98	166.555,45	316.689,43	19.851.308,50	11,73
36	148.884,81	167.804,62	316.689,43	19.683.503,88	11,73
37	147.626,28	169.063,16	316.689,43	19.514.440,73	11,73
38	146.358,31	170.331,13	316.689,43	19.344.109,60	11,73
39	145.080,82	171.608,61	316.689,43	19.172.500,98	11,73
40	143.793,76	172.895,68	316.689,43	18.999.605,31	11,73
41	142.497,04	174.192,39	316.689,43	18.825.412,91	11,73
42	141.190,60	175.498,84	316.689,43	18.649.914,08	11,73
43	139.874,36	176.815,08	316.689,43	18.473.099,00	11,73
44	138.548,24	178.141,19	316.689,43	18.294.957,80	11,73
45	137.212,18	179.477,25	316.689,43	18.115.480,55	11,73
46	135.866,10	180.823,33	316.689,43	17.934.657,22	11,73
47	134.509,93	182.179,51	316.689,43	17.752.477,72	11,73
48	133.143,58	183.545,85	316.689,43	17.568.931,87	11,73
49	131.766,99	184.922,45	316.689,43	17.384.009,42	11,73
50	130.380,07	186.309,36	316.689,43	17.197.700,06	11,73
51	128.982,75	187.706,68	316.689,43	17.009.993,37	11,73
52	127.574,95	189.114,48	316.689,43	16.820.878,89	11,73
53	126.156,59	190.532,84	316.689,43	16.630.346,05	11,73
54	124.727,60	191.961,84	316.689,43	16.438.384,21	11,73
55	123.287,88	193.401,55	316.689,43	16.244.982,66	11,73
56	121.837,37	194.852,06	316.689,43	16.050.130,59	11,73
57	120.375,98	196.313,45	316.689,43	15.853.817,14	11,73
58	118.903,63	197.785,81	316.689,43	15.656.031,33	11,73
59	117.420,23	199.269,20	316.689,43	15.456.762,13	11,73
60	115.925,72	200.763,72	316.689,43	15.255.998,41	11,73



61	114.419,99	202.269,45	316.689,43	15.053.728,97	11,73
62	112.902,97	203.786,47	316.689,43	14.849.942,50	11,73
63	111.374,57	205.314,87	316.689,43	14.644.627,63	11,73
64	109.834,71	206.854,73	316.689,43	14.437.772,91	11,73
65	108.283,30	208.406,14	316.689,43	14.229.366,77	11,73
66	106.720,25	209.969,18	316.689,43	14.019.397,58	11,73
67	105.145,48	211.543,95	316.689,43	13.807.853,63	11,73
68	103.558,90	213.130,53	316.689,43	13.594.723,10	11,73
69	101.960,42	214.729,01	316.689,43	13.379.994,09	11,73
70	100.349,96	216.339,48	316.689,43	13.163.654,61	11,73
71	98.727,41	217.962,02	316.689,43	12.945.692,59	11,73
72	97.092,69	219.596,74	316.689,43	12.726.095,85	11,73
73	95.445,72	221.243,72	316.689,43	12.504.852,13	11,73
74	93.786,39	222.903,04	316.689,43	12.281.949,09	11,73
75	92.114,62	224.574,82	316.689,43	12.057.374,27	11,73
76	90.430,31	226.259,13	316.689,43	11.831.115,14	11,73
77	88.733,36	227.956,07	316.689,43	11.603.159,07	11,73
78	87.023,69	229.665,74	316.689,43	11.373.493,33	11,73
79	85.301,20	231.388,23	316.689,43	11.142.105,10	11,73
80	83.565,79	233.123,65	316.689,43	10.908.981,45	11,73
81	81.817,36	234.872,07	316.689,43	10.674.109,38	11,73
82	80.055,82	236.633,61	316.689,43	10.437.475,76	11,73
83	78.281,07	238.408,37	316.689,43	10.199.067,40	11,73
84	76.493,01	240.196,43	316.689,43	9.958.870,97	11,73
85	74.691,53	241.997,90	316.689,43	9.716.873,07	11,73
86	72.876,55	243.812,89	316.689,43	9.473.060,18	11,73
87	71.047,95	245.641,48	316.689,43	9.227.418,70	11,73
88	69.205,64	247.483,79	316.689,43	8.979.934,90	11,73
89	67.349,51	249.339,92	316.689,43	8.730.594,98	11,73
90	65.479,46	251.209,97	316.689,43	8.479.385,01	11,73
91	63.595,39	253.094,05	316.689,43	8.226.290,96	11,73
92	61.697,18	254.992,25	316.689,43	7.971.298,71	11,73
93	59.784,74	256.904,69	316.689,43	7.714.394,01	11,73
94	57.857,96	258.831,48	316.689,43	7.455.562,54	11,73
95	55.916,72	260.772,72	316.689,43	7.194.789,82	11,73
96	53.960,92	262.728,51	316.689,43	6.932.061,31	11,73
97	51.990,46	264.698,97	316.689,43	6.667.362,33	11,73
98	50.005,22	266.684,22	316.689,43	6.400.678,12	11,73
99	48.005,09	268.684,35	316.689,43	6.131.993,77	11,73
100	45.989,95	270.699,48	316.689,43	5.861.294,29	11,73
101	43.959,71	272.729,73	316.689,43	5.588.564,56	11,73
102	41.914,23	274.775,20	316.689,43	5.313.789,36	11,73
103	39.853,42	276.836,01	316.689,43	5.036.953,35	11,73



104	37.777,15	278.912,28	316.689,43	4.758.041,06	11,73
105	35.685,31	281.004,13	316.689,43	4.477.036,94	11,73
106	33.577,78	283.111,66	316.689,43	4.193.925,28	11,73
107	31.454,44	285.234,99	316.689,43	3.908.690,28	11,73
108	29.315,18	287.374,26	316.689,43	3.621.316,03	11,73
109	27.159,87	289.529,56	316.689,43	3.331.786,46	11,73
110	24.988,40	291.701,04	316.689,43	3.040.085,43	11,73
111	22.800,64	293.888,79	316.689,43	2.746.196,63	11,73
112	20.596,47	296.092,96	316.689,43	2.450.103,67	11,73
113	18.375,78	298.313,66	316.689,43	2.151.790,02	11,73
114	16.138,43	300.551,01	316.689,43	1.851.239,01	11,73
115	13.884,29	302.805,14	316.689,43	1.548.433,87	11,73
116	11.613,25	305.076,18	316.689,43	1.243.357,68	11,73
117	9.325,18	307.364,25	316.689,43	935.993,43	11,73
118	7.019,95	309.669,48	316.689,43	626.323,95	11,73
119	4.697,43	311.992,00	316.689,43	314.331,94	11,73
120	2.357,49	314.331,94	316.689,43	-0,00	11,73
TOTAL	13.002.732,13	25.000.000,00	38.002.732,13		

El total a abonar por cada asociado es de \$11,73. Importe que se recargaría en su factura mensual.

- 2- Otra opción sería gestionar el importe necesario para la realización de la obra, ante el Gobierno Provincial y Nacional, en el marco del Plan Nacional de Agua y Saneamiento. Donde el 67% de dicho importe lo aporta el Gobierno Nacional y el 33% restante el Gobierno Provincial. Pero esta opción solo sería posible en el caso de que fuese una emergencia sanitaria.



ANEXO 1

Definiciones útiles:

A continuación se definirán términos que son de gran utilidad para la comprensión de los procesos biológicos de tratamientos.

- Procesos aerobios: son los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno.
- Procesos anaerobios: procesos de tratamiento biológicos que se dan en ausencia de oxígeno.
- Desnitrificación anóxica: es el proceso por el cual el nitrógeno de los nitratos se transforma, biológicamente, en nitrógeno gas en ausencia de oxígeno. También conocido como desnitrificación anaerobia.
- Procesos facultativos: son los procesos de tratamientos biológicos en los que los organismos responsables pueden funcionar en presencia o ausencia de oxígeno molecular. Estos organismos se conocen con el nombre de organismos facultativos.
- Eliminación de la DBO carbonosa: es la conversión biológica de la materia carbonosa del agua residual e tejido celular y en diversos productos gaseosos. En la conversión, el nitrógeno presente en los diferentes compuestos se convierte en amoníaco.
- Nitrificación: Es el proceso biológico mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y después en nitrato.
- Desnitrificación: proceso biológico mediante el cual el nitrato se convierte en nitrógeno gas y en otros productos gaseosos.
- Substrato: es el término empleado para representar la materia orgánica o los nutrientes que sufren una conversión o que pueden constituir un factor limitante en el tratamiento biológico. Por ejemplo, la materia orgánica carbonosa presente en el agua residual es el substrato objeto de conversión en el tratamiento biológico.
- Proceso de cultivo en suspensión: son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejidos celular, se mantienen en suspensión dentro del líquido.
- Procesos de cultivo fijo: son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejidos celular están fijados a un medio inerte, tal como piedras, escorias, o materiales cerámicos y plásticos especialmente diseñados para cumplir con esta función. También se conocen como procesos de película fija.
- La DBO se define como el oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos para procesar la materia orgánica en un periodo de tiempo, por lo general son 5 días a 20

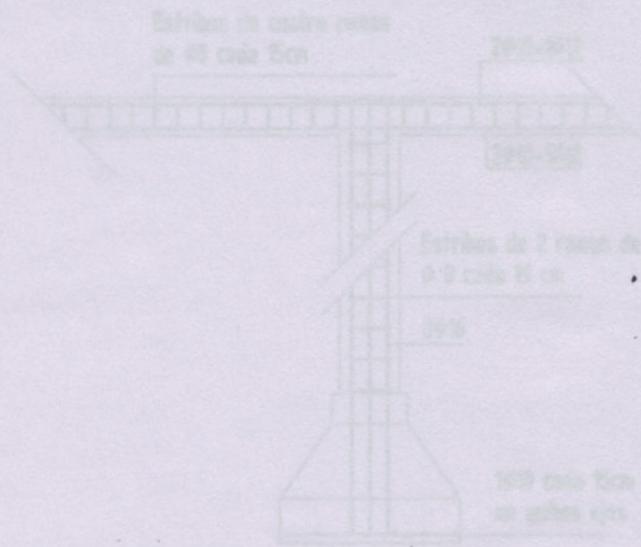


Factores. Normalmente se expresa en términos de concentración. La DBO también se utiliza para determinar las dimensiones de lagunas de estabilización, mide la eficiencia de algunos procesos de tratamiento y sirve para controlar el cumplimiento de las normas de calidad de agua tratada que son vertidas a cuerpos receptores (Cuerpos Exóticos y Naturales – UNC).

- Metcalfe- Edulie.
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsaa/fulltext/residuales.pdf>
- <http://fluidos.cia.edu.co/hidraulica/articulosca/flujosnca/residuales/Tipos%20de%20tratamiento.htm>
- Aspectos Prácticos de Construcción de Lagunas de Estabilización Por: Ing. Max Lothar Hess / Ing. Ricardo Rojas Vargas CFPIS / OPS / OMS Noviembre 1990
- https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1189/ICI_119.pdf?...
- Aeródromo Municipal Tomás B. Kenny.
- https://www.eca.es/Uploads/docs/Hornig%FSn_en_ambiente_marino.pdf
- http://www.igti.gov.ar/cirsoc/pdf/publicom/04-Seccion_3.pdf
- http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/magua2/ma2_cep6.pdf
- http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_bentomita_sodica_para_impermeabilizar_represas.pdf
- Apuntes de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria – Facultad Regional de Venado Tuerto.
- www.bvsde.paho.org/bvsacd/scn2/029710/029710.pdf
- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015006200006
- <http://ciidbinema.desaarec.ln/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc13030/doc13030-1.pdf>
- www.conagea.gov.mx/CONAGUA07/.../10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf
- <https://es.scribd.com/document/328177407/Diseno-Hidraulico-de-Camara-de-Cloracion>
- Revista Vivienda- Edición Abril 2017
- Costos de la construcción, actualizados a Abril de 2017, realizados por: UIN-FRVT.

**Fuentes:**

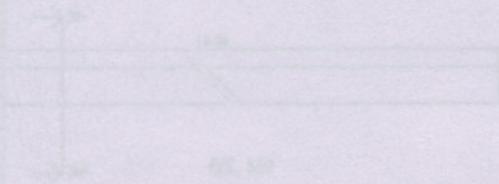
- Cooperativa de Obras Sanitarias de Venado Tuerto.
- Ing. Bressiano, Alberto – Cátedra Ingeniería Sanitaria – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UNC.
- Metcalf- Eddie.
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/fulltext/residuales.pdf>
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/residuales/flujoencanales/residuales/Tipos%20de%20Tratamiento.htm>
- Aspectos Prácticos de Construcción de Lagunas de Estabilización Por: Ing. Max Lothar Hess / Ing. Ricardo Rojas Vargas CEPIS / OPS / OMS Noviembre 1990
- https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1189/ICI_119.pdf?...1
- Aeródromo Municipal Tomás B. Kenny.
- https://www.ieca.es/Uploads/docs/Hormig%F3n_en_ambiente_marino.pdf
- http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/publicom/04-Seccion_3.pdf
- http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap6.pdf
- http://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_bentonita_sodica_para_impermeabilizar_represas.pdf
- Apuntes de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria – Facultad Regional de Venado Tuerto.
- www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/029710/029710.pdf
- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000200006
- <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc13030/doc13030-1.pdf>
- www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/.../10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf
- <https://es.scribd.com/document/328177407/Diseno-Hidraulico-de-Camara-de-Cloracion>
- Revista Vivienda- Edición Abril 2017
- Costos de la construcción, actualizados a Abril de 2017, realizados por UTN-FRVT.



DETALLE ARMADURAS

19 PLANOS.

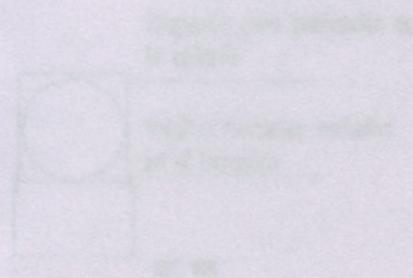
VIGA



DETALLE DE PROTECCIÓN DE CÁRDBA



Corte A-A



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.

MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOCALES

ALUMNA: GUERRA EVELINA

LÁMINA Nº 125

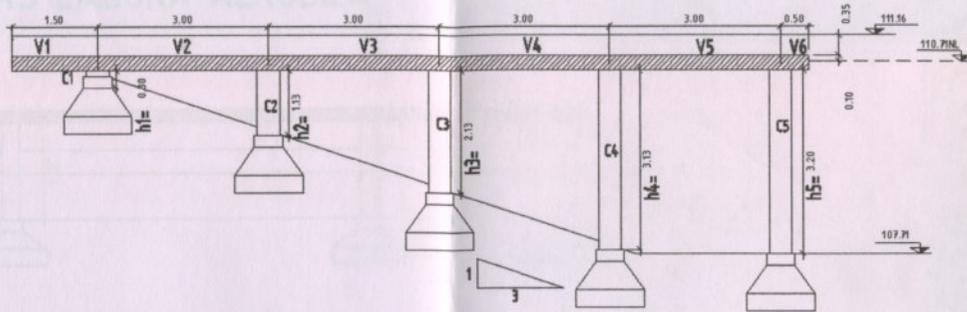
Escala S/E

Tema

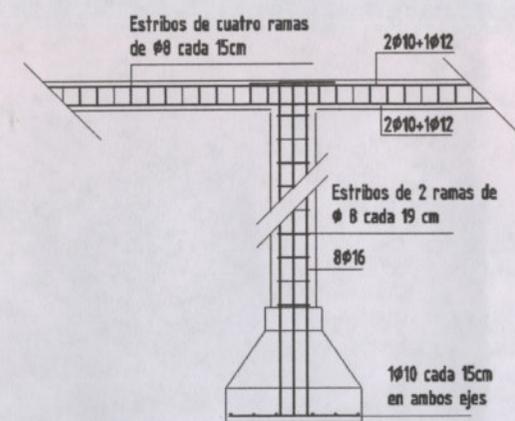
INGRESO A LA LAGUNA ANAERÓBICA

1

TAPADA 0,40M



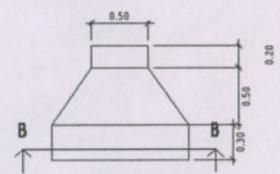
INGRESO A LA LAGUNA ANAERÓBICA ESC. 1:100



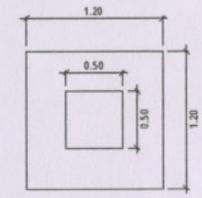
DETALLE ARMADURAS ESC. 150

HORMIGÓN H30
 As: 10 cm Piedra [6-19] mm
 Máxima Relación Agua/Cemento: 0,45
 Contenido Mínimo de Cemento: 380 kg / m³
 Compactación: Vibración con Alta Frecuencia
 Curado: 7 días
 Acero Dureza Natural: ADN 420
 Recubrimiento: 5 cm
 Pendiente de Viga: 0,2 %

BASES

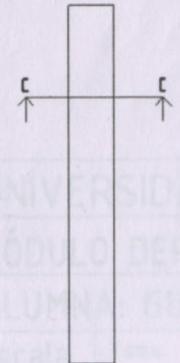


ESC. 150



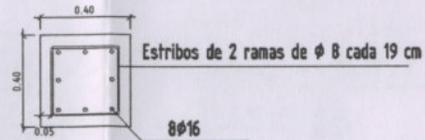
CORTE B-B ESC. 150

COLUMNAS



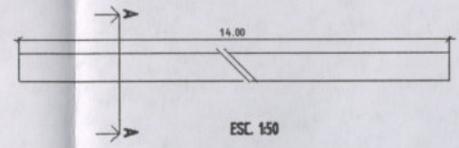
ESC. 150

ALTURAS
 h1= 0,30
 h2= 1,13
 h3= 2,13
 h4= 3,13
 h5= 3,20



CORTE C-C ESC. 125

VIGA

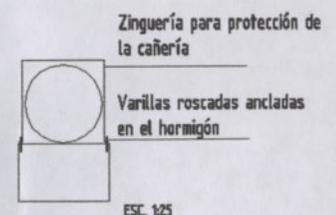


ESC. 150



CORTE A-A ESC. 125

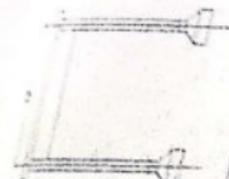
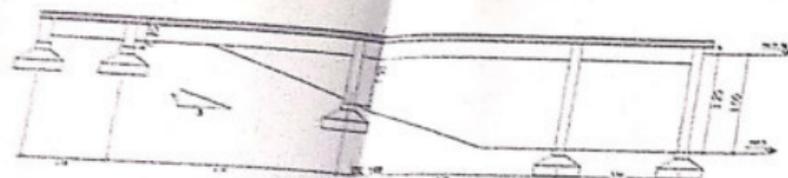
DETALLE DE PROTECCIÓN DE CAÑERÍA



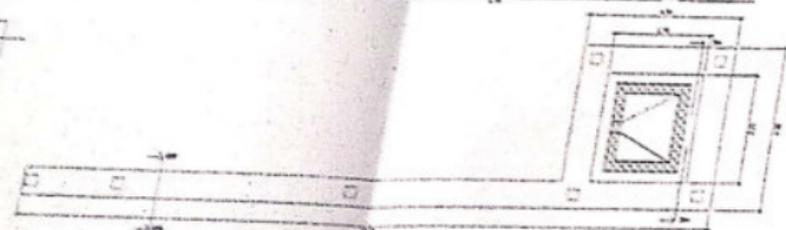
ESC. 125

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.		LÁMINA Nº 1
MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES		
ALUMNA: GUERRA EVELINA		
Escala S/E	Tema: INGRESO A LA LAGUNA ANAERÓBICA	

PASARELA TOMA MUESTRAS LAGUNA ANAERÓBICA

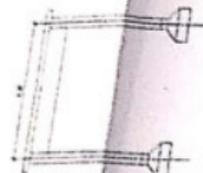
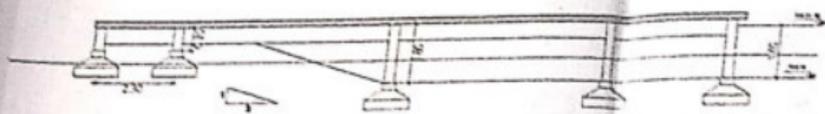


CORTE A-A ESC. 1/50



PLANTA ESC. 1/50

PASARELA TOMA MUESTRAS LAGUNA FACULTATIVA

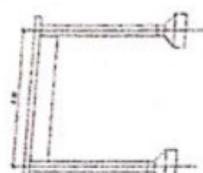
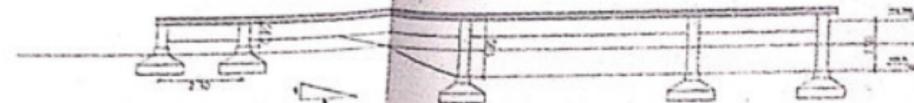


CORTE A-A ESC. 1/50

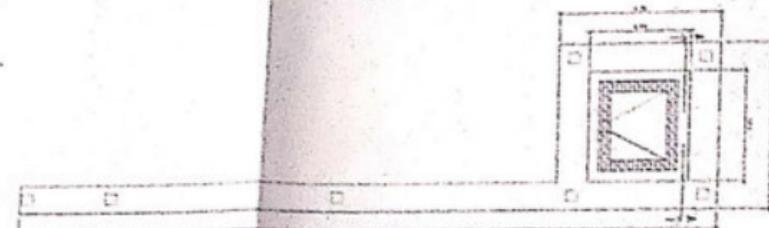


PLANTA ESC. 1/50

PASARELA TOMA MUESTRAS LAGUNA AERÓBICA

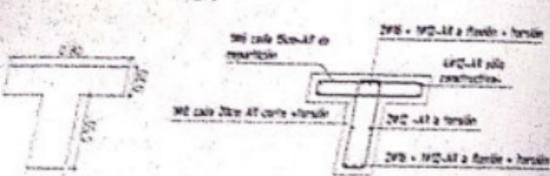


CORTE A-A ESC. 1/50



PLANTA ESC. 1/50

VIGA

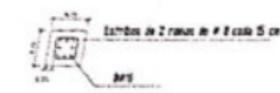


CORTE B-B ESC. 1/5

COLUMNAS

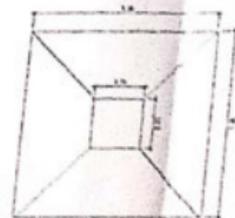
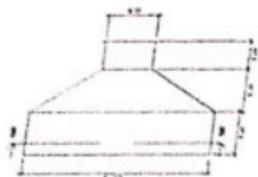


ESC. 1/50

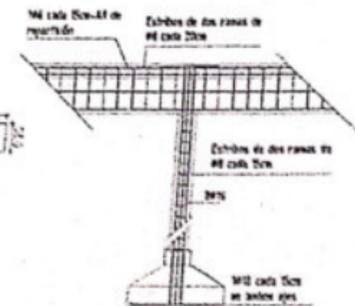
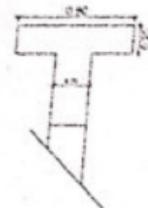


CORTE C-C ESC. 1/5

BASES



CORTE B-B ESC. 1/5



DETALLE ARMADURAS ESC. 1/50

HORMIGÓN H30
 As. 50 cm Piedra (8-10) mm
 Mínima Relación Agua/Cemento: 0,45
 Contenido Mínimo de Cemento: 300 kg / m³
 Compactación: Vibración con Alta Frecuencia
 Curato: 7 días
 Acero Dureza Natural: ADN 420
 Recubrimiento: 5 cm
 Pendiente de Viga: 3,2 %

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.

MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES

ALUMNA: GUERRA EVELINA

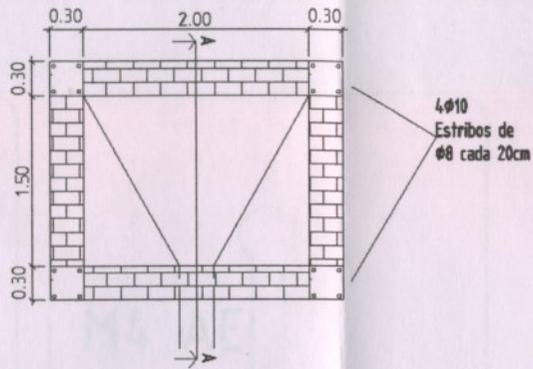
LÁMINA Nº

Escala S/E

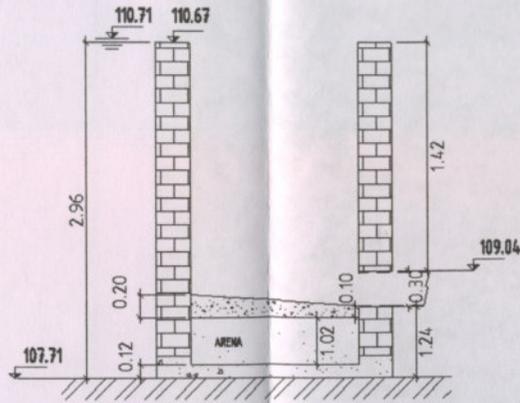
Tema:

PASARELAS TOMA MUESTRAS

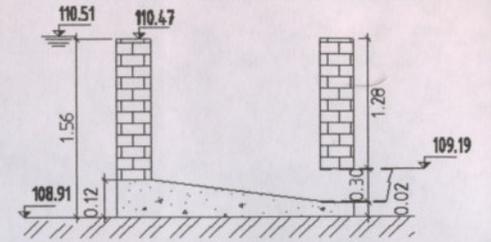
2



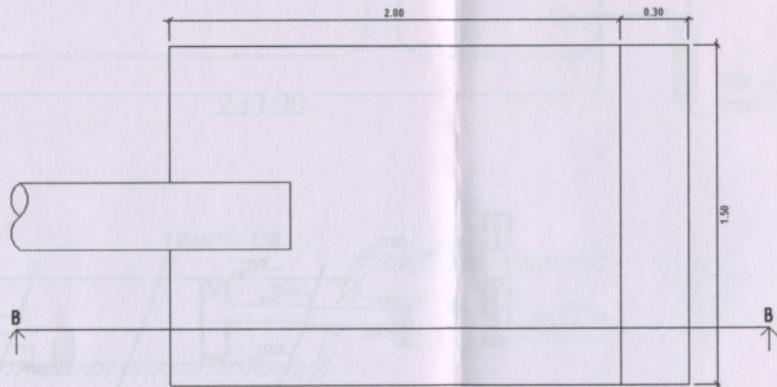
PLANTA TIPO DE SALIDAS ESC. 1:50



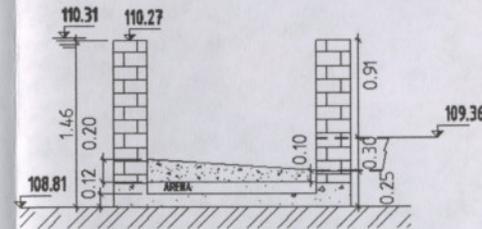
SALIDA LAGUNA ANAERÓBICA



SALIDA LAGUNA FACULTATIVA

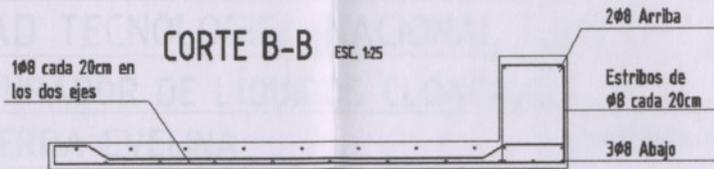
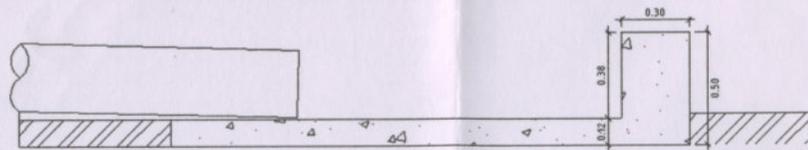


BASE INGRESO A LAS LAGUNAS ESC. 1:25



SALIDA LAGUNA AERÓBICA

Mampostería de 0,30m, armada con 2#8 cada 3 hiladas.
 Revoque hidrófugo terminado a la llana.
 Mortero de asiento: 1 de cemento, 3 de arena.



DETALLE ARMADURAS ESC. 1:25

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.

MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES

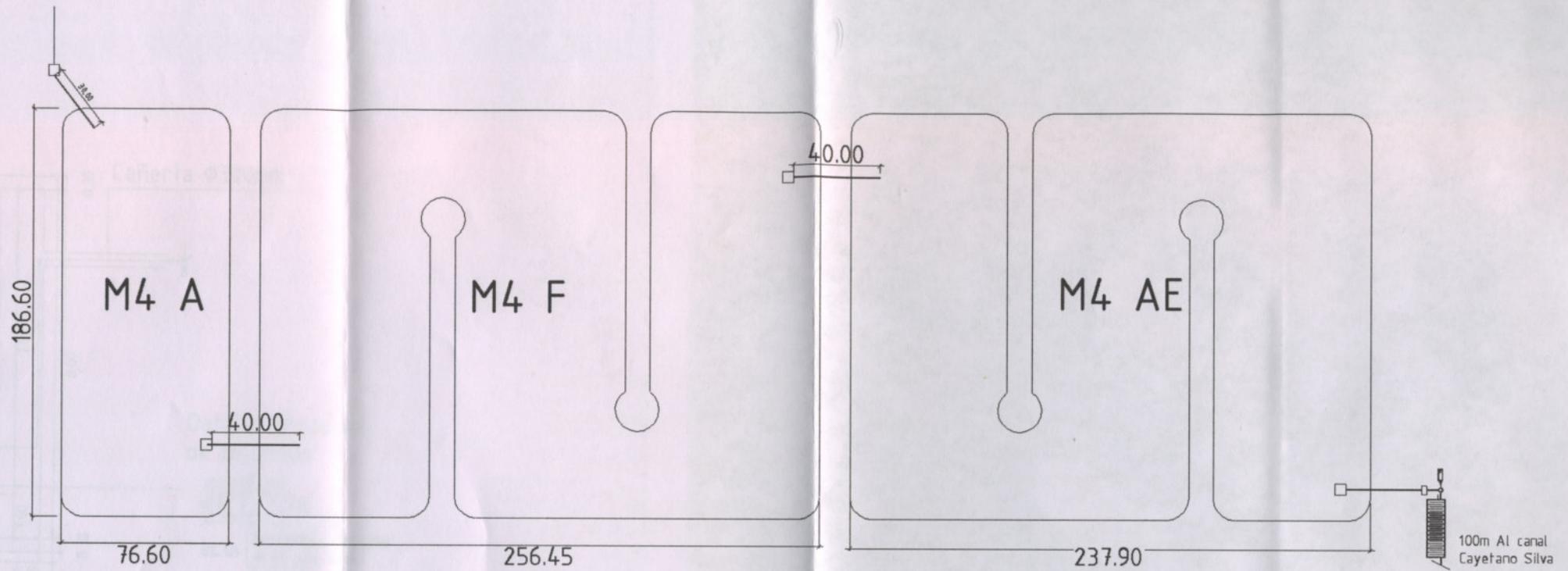
ALUMNA: GUERRA EVELINA

LÁMINA Nº

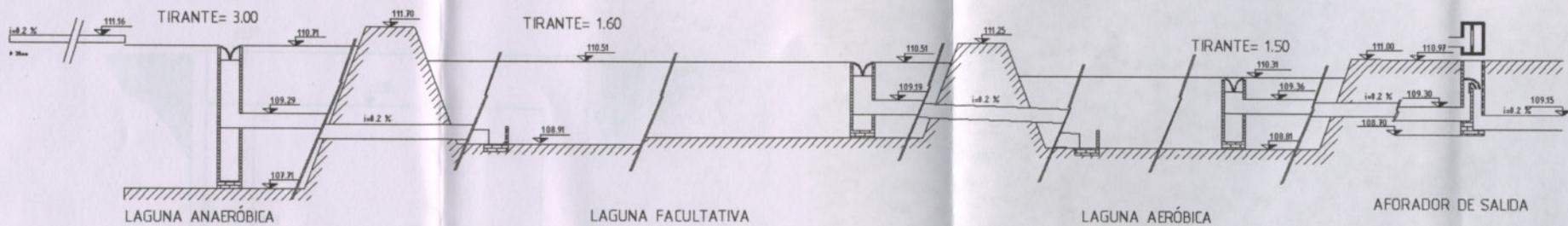
Escala
S/E

Tema:
SALIDAS E INGRESOS A LAS LAGUNAS

3



Escala 1:2000



Escala 1:100

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
 MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES
 ALUMNA: GUERRA EVELINA

Escala: 1:100 Tema: CÁMARA DE CONTACTO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.

MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES

ALUMNA: GUERRA EVELINA

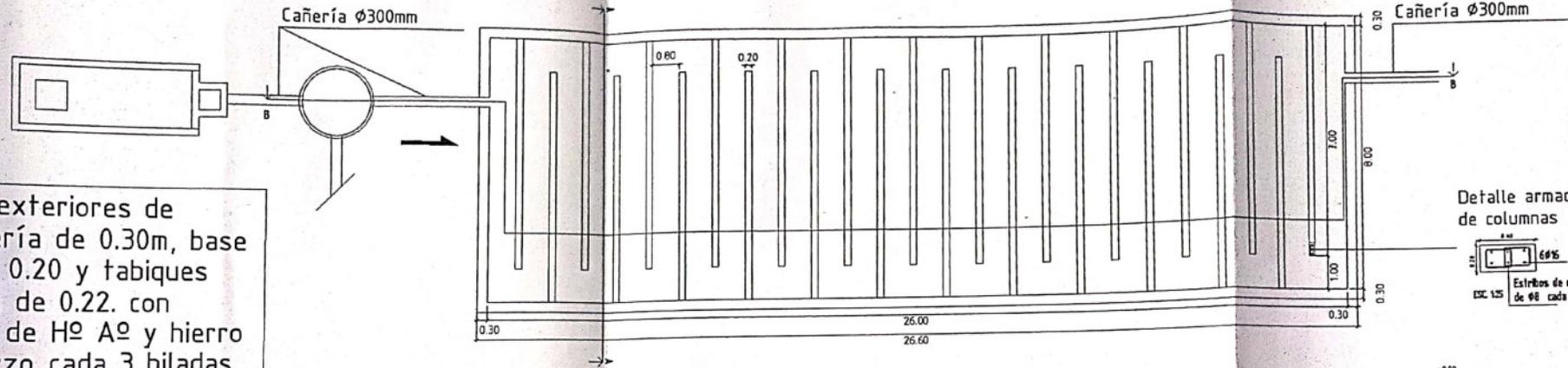
LÁMINA Nº

Escala: S/E

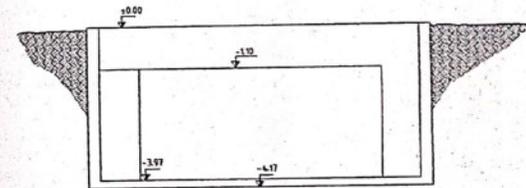
Tema: PLANTA Y PERFIL HIDRÁULICO

4

CÁMARA DE CONTACTO

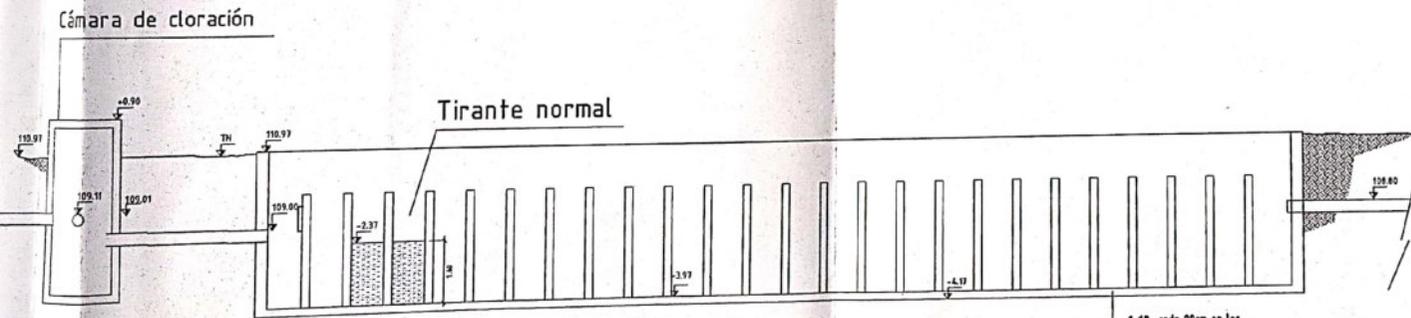


PLANTA Esc. 100



CORTE A-A Esc. 100

Paredes exteriores de mampostería de 0.30m, base de Hº de 0.20 y tabiques cerámicos de 0.22. con columnas de Hº Aº y hierro de refuerzo cada 3 hiladas.



CORTE B-B Esc. 100

1 $\phi 8$ cada 20cm en los dos ejes

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.

MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES

ALUMNA: GUERRA EVELINA

LÁMINA Nº

Escala
1:100

Templa:
CÁMARA DE CONTACTO

5

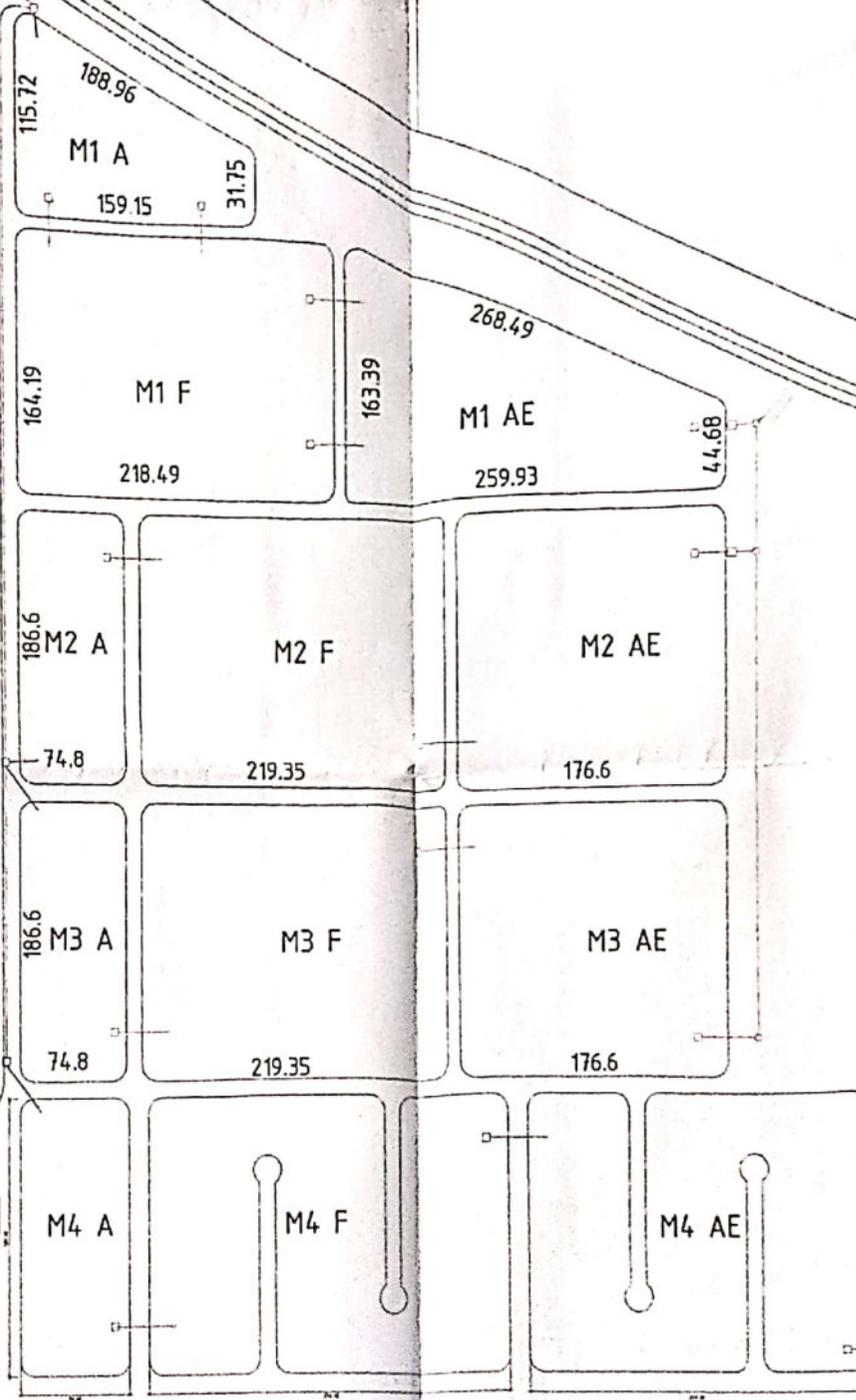
RED IMPULSIÓN ϕ 600mm

ÁLAMOS Y FRESNOS

CAMINO DE ACCESO A TRATAMIENTO DE LÍQUIDOS ATMOSFÉRICOS Y HORNO INCINERAR

GALPÓN SISTEMA DE INCINERACIÓN

CAMINO DE CIRCUNVALACIÓN



PLANTA GENERAL Escala 1:2000

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL F.R.V.T.

MÓDULO DEPURADOR DE LÍQUIDOS CLOACALES

ALUMNA: GUERRA EVELINA

Escala
1:2000

Tema
PLANTA GENERAL

LÁMINA Nº

6