



DINAMA

Dirección Nacional
de Medio Ambiente



Guía de Diseño y Operación de Sistemas de Tratamiento de Efluentes de Tambo

Ing. Civil Marcelo Pittamiglio



FACULTAD
DE VETERINARIA



CONSEJO DE EDUCACIÓN
TÉCNICO PROFESIONAL

Asociados: M.G.A.P.
A.N.P.L.
L.A.T.U.

Colabora: DI.NA.MI.GE.
Fac. de Ingeniería
Fac. de Agronomía

Guía de Diseño y Operación de Sistemas de Tratamiento de Efluentes de Tambo

Redactor responsable: Ing. Civ. Marcelo Pittamiglio
Revisión a cargo de la Dra. Ing. Civ. Elizabeth González (IMFIA)

Técnicos intervinientes

DINAMA Dra. Mercedes Apa
 Lic. Alicia Aguerre
 Ing. Agrim. Eduardo Peñalva
 Ing. Daniel Vignale
 Lic. Sandra Castro

CONAPROLE Ing. Agr. Enrique Malcuori
 Ing. Agr. Julio Gesto

FAC. DE VETERINARIA Dra. Delvey Anchieri
 Dra. Elena de Torres

UTU Ing. Agr. Eduardo David
 Dr. Gustavo García

Asociados: Ministerio de Ganadería
 Asociación de Productores de Leche
 Laboratorio Tecnológico del Uruguay

Colaboran: Universidad de la República
 Facultad de Ingeniería (IMFIA)
 Facultad de Agronomía (Dpto. de Suelo y Agua)
 Ministerio de Industria, Energía y Minería (DINAMIGE, Sergio Pena)

Agradecemos la participación del Ing. Omar Casanovas de la Facultad de Agronomía por su aporte realizado.

El grupo de trabajo agradece el aporte financiero realizado por DIPRODE para la publicación de este material, así como el apoyo brindado por la Asociación Nacional de Productores de Leche.

PROLOGO

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	7
2. Diagnóstico	7
2.1 Consideraciones Generales	7
2.2 Información	8
2.3 Conclusiones	10
3. Procedimiento Administrativo	11
4. Unidades de Tratamiento	12
5. Diagnostico de Flujo	15
5.1 Capacidad menor de 100 vacas en ordeño	15
5.2 Capacidad entre 100-200 vacas en ordeño sin alimentación	15
5.3 Capacidad entre 100 y 200 vacas en ordeño con alimentación	16
5.4 Capacidad ente 200 y 300 vacas en ordeño	16
6. Dimensionamiento de Unidades de Tratamiento	19
6.1 Introducción	19
6.2 Hipótesis de Calculo	20
6.3 Cámara de Retención de Sólidos	21
6.4 Estercolero Simple	22
6.5 Estercolero Doble	23
6.6 Lagunas de Estabilización	27
6.7 Laguna de Acumulación para Riego	35
6.8 Area de riego	36
7. Aspectos Constructivos	36
7.1 Cámara de Retención de sólidos	36
7.2 Estercoleros	36
7.3 Lagunas de Acumulación y Estabilización	37
8. Operación y Mantenimiento	37
8.1 Cámara de Retención de Sólidos	38
8.2 Estercolero Simple	38
8.3 Estercolero Doble	38
8.4 Laguna N°1 Anaerobia	39
8.5 Laguna N°2 Facultativa	40
9. Ejemplo de Diseño	40
Anexo 1.	
Marco Conceptual y Actividades Desarrolladas en el Marco del Convenio	47
Anexo 2.	
Planta de Tratamiento de Efluentes de Tambo (Escuela de Lechería Colonia Suiza)	49
Anexo 3.	
Tratamiento de efluentes en tambo caso concreto	57
Anexo 4.	
Planta piloto de efluentes de tambo en la facultad de veterinaria	63
Anexo 5.	
Laboratorio de la Dinama	67
Bibliografía	71

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento forma parte de las tareas delimitadas en el marco del convenio entre la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), CONAPROLE, UTU y la Facultad de Veterinaria. El cometido principal es el fomento de la construcción de plantas de tratamiento de los efluentes de los tambos del país, con la finalidad de evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Se destaca el trabajo realizado hasta la fecha respecto a esta temática, resumido en copioso material recolectado de diferentes encuentros que tanto la DINAMA así como CONAPROLE y otras instituciones públicas y privadas han venido desarrollando.

Componen este trabajo el análisis de la situación actual de los sistemas de tratamiento de efluentes, una descripción de las características principales de las unidades de tratamiento recomendadas, incluyendo diagramas de flujo de los sistemas clasificados según rango de operación en función del número de vacas en ordeño, y ejemplos de dimensionado de los mismos. Estos elementos se plantean como complemento del procedimiento administrativo de formulación de proyectos de sistemas de tratamiento de los efluentes de este tipo de establecimientos que sería conveniente que se realice en un futuro próximo.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. Consideraciones Generales

Teniendo en cuenta el objetivo general mencionado, el presente diagnóstico analizará el estado de situación actual de los sistemas de tratamiento y la disposición final de los efluentes de los tambos de la cuenca lechera, los que se han tomado como representativos del resto de los establecimientos del país.

Las actividades específicas que componen el diagnóstico se detallan a continuación:

- a. Enumerar las variantes técnicas en las unidades de tratamiento construidas y sus condicionantes actuales en su operación.
- b. Identificar los actuales problemas de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de efluentes de tambos existentes.
- c. Analizar las alternativas adoptadas de mayor eficiencia, en función de las características del establecimiento.
- d. Identificar los principales aspectos de operación de los tambos, que determinan diferencias en la caracterización de los efluentes.

Las tareas se realizaron en cooperación con el equipo de trabajo de CONAPROLE y DINAMA, apoyados en material bibliográfico y en visitas de relevamiento a distintos establecimientos de la región.

2.2. Información Recopilada

Se realizaron 22 visitas a tambos ubicados en los departamentos de Canelones, Florida, San José y Colonia. Estos departamentos cubren la zona de mayor densidad de establecimientos lecheros del país, conformando lo que se conoce como la Cuenca Lechera Tradicional.

En cada establecimiento visitado, se recorrieron las áreas de generación de las aguas residuales, salas de ordeño y la sala de espera, las líneas de conducción de los efluentes, el tipo de tratamiento y la disposición final adoptada. Se consultó sobre las variantes operativas del manejo de los tambos, en relación al tiempo y alimentación de los animales en los corrales.

En todos los casos se observó el estado de los sistemas, la conservación y mantenimiento de las unidades de tratamiento. Además se realizaron consultas acerca de dificultades y consideraciones particulares de operación en cada sistema.

La mayoría de los establecimientos visitados operan con menos de 200 animales en ordeño. El siguiente cuadro muestra la cantidad de establecimientos relevados según su tamaño :

Nº vacas en ordeño	Nº establecimientos visitados	Porcentaje
Menos de 100 vacas	8	36%
Entre 100 - 200 vacas	7	32%
Entre 200 - 300 vacas	5	23%
Entre 300 - 400 vacas	2	9%

El sistema de tratamiento más utilizado está basado en lagunas de estabilización, disponiendo en algunos casos de un pretratamiento de retención de sólidos, como describe el cuadro a continuación:

Tipo de tratamiento	Nº tambos	Porcentaje en tambos visitados
Lagunas c/ pretratamiento	11	50%
Solamente lagunas	4	18%
Separación sólidos y Fosa séptica	1	4.5%
Biodigestor	1	4.5%
Otros (*)	5	23%

(*) El ítem "otros" corresponde a aquellos tambos visitados con disposición final en el terreno sin tratamiento previo. En estas condiciones, se visitaron establecimientos con depósito de acumulación de los efluentes, y posterior disposición en el terreno mediante bombeo o estercolera que permitiera el desagote del depósito.

Guía de Diseño y Operación de Sistemas de Tratamiento de Efluentes de Tambo

Se resume a continuación la información recolectada en los relevamientos, detallando las condiciones de mantenimiento de los sistemas.

ID.	Nº V.O	PRETRATAMIENTO		TRATAMIENTO		OBS.
		TIPO	ESTADO	TIPO	ESTADO	
1	200	Trampa	Limpieza c/2meses	2 lagunas	Erosión en taludes	Problemas de operación con material al costado de la sala de ordeñe
6	380	trampa	S/ mant.	2 lagunas	S/ manten.	No se atiende el sistema
9	200	bostero	S/ limpieza	2 lagunas	S/ limpieza	Hace 5 años que no se limpian las lag.
11	120	bostero	S/limpieza	2 lagunas	En aclimatación	Falta rutina de mantenimiento
13	270	bostero	Buenas condiciones	1 laguna	C/ algunos sólidos	Disposición final para riego
14	60	bostero	Buenas condiciones	3 lagunas	En aclimatación	
15	130	trampa		2 lagunas		Problemas de operación por errores constructivos en conexiones
16	40	trampa	S/ limpieza	2 lagunas	S/ limpieza	Falta de mantenimiento
17	40	trampa	Buenas condiciones	2 lagunas	Buenas condiciones	Mantenimiento anual de las lagunas
18	190	trampa	S/ limpieza	2 lagunas	S/ mantenimiento	Problemas de operación y mantenimiento (sistema fuera de capacidad)
19	50	trampa	Buenas condiciones	2 lagunas	Buenas condiciones	Se realiza mantenimiento periódico
3	50	S/I	—	2 lagunas	Buenas condiciones	Se detectó erosión en taludes
4	80	S/I	—	2 lagunas	S/ manten.	Se detectaron filtraciones en talud. Se mezclan efluentes con pluviales
5	150			2 lagunas	Buenas condiciones	
10	S/d	trampas	Buenas condiciones	biodigestor	Problemas constructivos (paredes fisuradas)	Sin mantenimiento. Disposición final por infiltración en zanja
22	120	trampa	Buenas condiciones	Fosa séptica	Malas condiciones	Sin mantenimiento
8	350	Depósito c/ disposición con estercolera				Frecuencia 2 veces por semana
12	40	Depósito con bombeo al campo				Reducción de tiempo de estadía de animales en áreas impermeables
2	250	Sin tratamiento				Sólo descarga directa por canal de infiltración
7	40	Sin tratamiento				Disposición directa al campo
20	140	Sin tratamiento				Disposición directa al campo
21	40	Sin tratamiento				Disposición directa al campo

Como resume el cuadro anterior, los sistemas de tratamiento en buenas condiciones de operación han sido aquellos en los que se realizan tareas de limpieza y mantenimiento periódicas; en el caso de sistemas de lagunas, el mantenimiento consiste principalmente en el cuidado de los taludes y de las interconexiones.

Se observaron casos donde los problemas de operación surgieron desde el inicio de la instalación del sistema por defectos constructivos en las conexiones, o en sistemas construidos con menor volumen que el requerido de acuerdo al tamaño del tambo.

En algunos casos la disposición final de los sólidos retenidos (estiércol) se acopiaba cerca del área de corrales, por haber construido estas unidades muy cerca de las mismas.

Entre las variantes de operación de los tambos se observó diversidad de criterios, que se pueden agrupar en dos: aquellos que consideran conveniente que los animales estén la mayor parte del tiempo en suelo impermeable, por condiciones de facilidad de limpieza y aquellos que contrariamente opinan que deben estar el menor tiempo posible en las salas de espera y ordeño. Estos criterios varían también con el suministro o no de alimento en estos sectores. La diversidad de opciones determina por lo tanto diferencias considerables en el volumen de sólidos que contenga el efluente aún en tambos con igual número de vacas en ordeño.

2.3. Conclusiones

De la información aportada por los trabajos anteriores y de la información resumida en el ítem anterior, se infiere que el sistema de tratamiento que mejor se adapta a la dinámica de los tambos es el sistema de lagunas de estabilización.

Estos sistemas aportan simplicidad de operación y bajos requerimientos de mantenimiento. Sistemas más complejos que requieran mayor precisión en las estructuras de sus unidades, pueden llevar a que estas unidades no operen correctamente por defectos constructivos o mayor complejidad de operación y mantenimiento, como fuera detectado en el relevamiento realizado.

En establecimientos con unidades de pretratamiento es necesario disponer de una rutina de limpieza de las mismas con un área disponible para la disposición del material sólido extraído.

Es necesario que el sistema de tratamiento que se seleccione disponga de la capacidad necesaria para los caudales a tratar en función del número de vacas en ordeño. Si bien éste puede ser el parámetro que determine la capacidad del sistema de tratamiento a adoptar, se deberá tener en consideración asimismo, elementos de la operativa del tambo que determinen la necesidad de pretratamientos de retención de sólidos principalmente en los casos de mayor tiempo de estadía con alimentación en las salas de espera y ordeño.

3. PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

La DINAMA dispone de un procedimiento administrativo para la Autorización de los Desagües Industriales.

Este procedimiento se inicia con la Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial que incluye los datos de la Industria, las características del agua residual a tratar, el proyecto de ingeniería de la Planta de Tratamiento, el punto de vertido, con su correspondiente forma de disposición final.

Posteriormente, y a partir del proyecto presentado y aprobado se construye la Planta de Tratamiento y se realiza un seguimiento técnico que busca que las Plantas se mantengan operativas y cumplan con las normas de vertido que corresponda a su disposición final.

Se dispone así del catastro de las Plantas de Tratamiento de Efluentes Industriales del País, se realiza un control y un seguimiento que optimiza el uso de instalaciones costosas que aseguran una mejora en la calidad de los cursos receptores, en el agua del subsuelo y en los suelos de nuestro País.

Este procedimiento permite cumplir ciertas etapas necesarias y a veces imprescindibles para evitar futuros errores de proyecto; en definitiva, permite racionalizar la aplicación de los recursos de la Industria.

En forma similar es conveniente generar un procedimiento simple que ordene la información de la Planta de Tratamiento del Tambo y asegure que se consideraron los aspectos más importantes, aquellos que deben ser analizados antes de la construcción de las obras. Es interesante rescatar las conclusiones que surgen de las visitas a los 22 tambos que incluye este trabajo. La divulgación y conocimiento de las realidades de los mismos han contribuido a plantear alternativas que sean compatibles con la realidad e idiosincrasia de la mayoría de los productores de este país.

A efectos de realizar la instalación de un procedimiento administrativo, sería necesario incluir en una memoria descriptiva del proyecto de la Planta de Aguas Residuales del Tambo la siguiente información:

- Número de vacas en ordeño
- Método de limpieza de sala de ordeño
- Sistema de alimentación del ganado en la Sala de Ordeño
- Caudal efluente (estimado según consumo de agua de limpieza)
- Ubicación de la perforación de agua potable respecto al Tambo
- Análisis del agua potable (bacteriológico)
- Información sobre el subsuelo donde se instalarán las lagunas (presencia de roca, napa freática alta, arenas o arenillas, etc.)
- Ubicación de las lagunas respecto al Tambo
- Frecuencia de limpieza de las unidades de tratamiento y método propuesto

En forma adicional deberían indicar croquis con las unidades de tratamiento a construir, usando -en caso que sea de interés del Propietario- los modelos incluidos en esta

propuesta.

Con esta información DINAMA podrá evaluar técnicamente la elección de las unidades de tratamiento, así como identificar problemas en la construcción, o en el posterior funcionamiento de las unidades.

En una política de calidad, la existencia de procedimientos permite asegurar que se cumplan todas las etapas necesarias para obtener un producto que cumpla con los requisitos de adecuada calidad. En ese sentido este procedimiento administrativo podría actuar, además de procesando la información del funcionamiento de las Plantas, generando un mayor conocimiento de la temática.

En forma adicional el Organismo actuante podrá en un futuro certificar aquellos Tambos que realizan un tratamiento adecuado de sus efluentes (en caso de ser requerido por mercados internacionales).

4. UNIDADES DE TRATAMIENTO Y RIEGO

A partir del diagnóstico detallado en el capítulo 2 y como criterio para la selección de los sistemas, se agrupan los tambos según la cantidad de vacas en ordeño y según el sistema de alimentación del ganado en los corrales de espera.

Se identificaron 4 franjas de producción a saber:

- Menos de 100 vacas en ordeño
- Entre 100 y 200 vacas en ordeño
- Entre 200 y 300 vacas en ordeño
- Más de 300 vacas en ordeño

Cualquier establecimiento con más de 300 vacas en ordeño es considerado un Tambo de importantes dimensiones que requiere una Planta de Tratamiento adaptada a su capacidad y método de producción.

En todos los casos, como se verá en el capítulo 6, es importante un adecuado manejo y separación de las aguas de lluvia. En caso contrario podría suceder el anegamiento de las unidades de tratamiento, principalmente las iniciales, así como el desborde de cámaras de la tubería de conducción.

Se diferenciarán las unidades de tratamiento recomendadas en aquellos tambos que alimentan el ganado en los corrales de espera.

Se identifican y seleccionan las siguientes unidades de tratamiento o de riego para su uso en el diseño de la Planta de Tratamiento:

a) Cámaras de Retención de sólidos groseros

Estas unidades son pequeños depósitos que retienen los elementos groseros como pedregullo, piedras o arena, que pueden decantar posteriormente en las cañerías de conducción del efluente o dañar los equipos de bombeo si los hubiere.

Solamente se puede admitir que no sean incluidas en el diseño, si las conducciones a las lagunas de estabilización son cortas y con buenas pendientes (más del 2,5%), en ese caso se colocan cámaras de inspección próximas y las conducciones son de diámetros mayores a 200 mm.

b) Estercoleras

En algunos casos es conveniente proyectar unidades de tratamiento que retengan antes de las lagunas el estiércol del ganado generado en la Sala de Ordeño o en los Corrales de Espera. La foto que se presenta en la página 14, muestra un ejemplo

Estas unidades reducen las necesidades de limpieza frecuente de las lagunas y permiten obtener un residuo con alto contenido de amonio que puede ser usado como mejorador de suelos en alguna actividad agropecuaria.

Es importante que la unidad se adapte al volumen de estiércol generado en el Establecimiento y disponga de un sistema de limpieza práctico de acuerdo a la maquinaria disponible en el lugar.

Los diseños son variados; sin embargo, el mejor diseño no es suficiente si no tiene en cuenta el método de limpieza. Si las unidades no se limpian en forma periódica, pierden su utilidad.

Se recomendará la instalación de estas unidades en establecimientos medianos y particularmente cuando se realiza alimentación en Corrales de Espera.

c) Riego por aspersión

Se entiende como un método eficiente y útil en aquellos establecimientos pequeños que disponen de cultivos o áreas donde descargar el efluente.

Es importante reiterar que el terreno debe ser suficiente para que no haya vertido fuera del área de riego. En caso de que el terreno no sea suficiente, se generaría un vertido de aguas crudas a alguna cañada o pasaría por algún predio vecino con los inconvenientes que esto pudiese generar. Es muy importante asegurar una adecuada operación del sistema de riego para evitar que éste genere problemas durante el vertido.

Por esa razón es necesario disponer simultáneamente de lagunas de almacenamiento para los días en que por las condiciones climáticas o por la saturación del suelo, no es posible la aplicación de efluente al campo.

La inclusión de una laguna de almacenamiento también protegerá el equipo de bombeo instalado para realizar el riego. En caso de que las condiciones topográficas lo permitan se podría eliminar incluso la bomba y regar por gravedad.

d) Lagunas de Estabilización

El tratamiento de los efluentes de Tambos mediante lagunas es un método económico

e idóneo para mejorar la calidad del efluente, logrando calidades aceptables de su vertido a terreno o a cursos de agua al reducir su materia orgánica disuelta y eliminar casi completamente sus sólidos en suspensión. Sin embargo, no se eliminan eficientemente los nutrientes nitrogenados y los fosforados.

En forma adicional se podrían usar las lagunas como reserva de agua para riego.

Es importante destacar que los suelos deben ser apropiados para este tipo de solución. En efecto, no deberán haber afloramientos rocosos, presencia de napas freáticas elevadas, y el material de la excavación deberá ser arcilloso, permitiendo conformar una cuba de materiales impermeables que permita el almacenamiento de los efluentes del tambo sin fugas ni filtraciones.

La topografía del terreno también es importante pues no es económico construir lagunas en terrenos muy escarpados. La topografía, incluso, deberá ser considerada en el momento de realizar el proyecto de las lagunas. El líquido debe circular en las lagunas por gravedad.

En forma adicional deberán construirse las obras que eviten el ingreso de aguas pluviales provocadas por el escurrimiento de la sala de ordeño.

Las lagunas reducen el contenido de microorganismos en forma natural, logrando al final del tratamiento también líquidos con bajo contenido de éstos.

Se recomendarán dos lagunas en serie para los sistemas más pequeños, y tres lagunas en serie en los sistemas más grandes. Los sistemas en serie son más eficientes al eliminar cortocircuitos en el flujo de los efluentes.

Como ventaja adicional de las lagunas se indica que se evaporará parte del efluente. Incluso en veranos secos y calurosos podrán existir días sin descarga. El proyectista podrá aumentar el tamaño de la laguna facultativa para asegurar efluente cero en verano, realizando previamente un balance hídrico de aguas.

Es muy importante tener analizada la forma en que se realizará la limpieza de la primer laguna antes de construirla.

Los diseños que se incluirán en el capítulo 6 corresponden a lagunas que se recomien-



da tengan limpieza de los sólidos del fondo cada cuatro años como máximo. Los métodos de limpieza se analizarán en el capítulo 7.

5. DIAGRAMAS DE FLUJO

En este capítulo se presentan los diferentes diagramas de los esquemas propuestos para el tratamiento de efluentes de Tambos.

Estas soluciones son solamente una alternativa idónea. Pretende su planteo ser una guía, pudiendo el Propietario o el Proyectista adaptarlo a la realidad del Establecimiento en cuestión.

Existen otros sistemas de tratamiento (zanjas nitrificantes, biodigestores, sistemas naturales con plantas) que pueden ser utilizados con éxito a partir de un diseño adecuado.

Los diagramas se adaptarán a los órdenes de producción ya planteados en el capítulo 4.

5.1. Capacidad menor a 100 vacas en ordeño

Esta propuesta supone que con este orden de producción no se realiza alimentación del ganado en ordeño en corrales próximos a la Sala de Ordeño.

En este caso se propone un sistema consistente en una Cámara de Retención de sólidos (CRS) salvo que por las consideraciones del capítulo anterior se pueda eliminar. A partir de la misma se presentan dos opciones (ver diagrama I):

a) Opción 1 - Lagunas

A continuación de la CRS se instalarían dos lagunas en serie.

La primer laguna recibirá el estiércol que quedará retenido en la misma, razón por lo cual esta unidad deberá ser limpiada cada 3 a 4 años.

No se considera importante intercalar una estercolera, aunque esta unidad, en caso de existir, siempre reducirá el período entre limpiezas de la primer laguna.

b) Opción 2 – Riego

A continuación de la CRS se construye un estanque de acumulación y luego se realiza un riego de los líquidos. Esta unidad requiere limpieza periódica en forma similar a las lagunas de tratamiento de la opción anterior.

5.2. Capacidad entre 100 y 200 vacas en ordeño sin alimentación

El diagrama II muestra la secuencia de unidades de tratamiento en este orden de producción.

El esquema es similar al caso anterior, pero se propone intercalar una estercolera simple antes de las lagunas en serie en cualquiera de las opciones.

Se considera que es muy importante retener un volumen de estiércol previamente, pues en caso contrario se colmatarían rápidamente la primer laguna o la laguna de acumulación previo al riego.

El detalle del estercolero simple se detalla en el próximo capítulo. El diseño del estercolero simple no es el más recomendable en caso que se realice alimentación de ganado en corrales próximos a la Sala de Ordeño pues como consecuencia de su uso se incorporan muchos pluviales al sistema.

5.3. Capacidad entre 100 y 200 vacas en ordeño con alimentación

El diagrama III resume esta situación que presenta las mismas unidades de tratamiento, pero incluye dos cambios o agregados:

Es importante incluir en este caso un sector dentro de la zona de corrales donde se pueda acumular el estiércol en seco para su futuro retiro. Esta medida minimiza el arrastre de estiércol durante las lluvias.

La otra modificación se refiere a la construcción de un estercolero doble. Esta unidad permite mayor flexibilidad en las operaciones de limpieza posibilitando el escurrido del residuo antes de su retiro.

5.4. Capacidad entre 200 y 300 vacas en ordeño

Finalmente, el diagrama IV muestra el esquema propuesto para este rango de capacidad de ordeño.

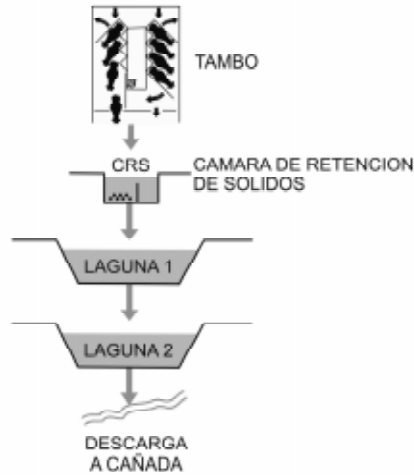
Se mantiene el esquema de CRS, salvo que se pueda eliminar por las condiciones ya descritas, un estercolero doble y, en este caso, tres lagunas en serie.

Se realizan tres unidades en virtud de las dimensiones de las mismas pues es más fácil ubicar en diferentes topografías tres unidades más chicas que otra solución con una unidad final de mayor tamaño.

En forma adicional, la solución con tres unidades en serie es más eficiente respecto a la remoción de microorganismos y materia orgánica que dos unidades en paralelo.

DIAGRAMA I
MODELO PLANTA TRATAMIENTO DE EFLUENTES sin alimentación en Sala de Ordeño.
 CANTIDAD: <100 ANIMALES EN ORDEÑO

OPCION 1



OPCION 2

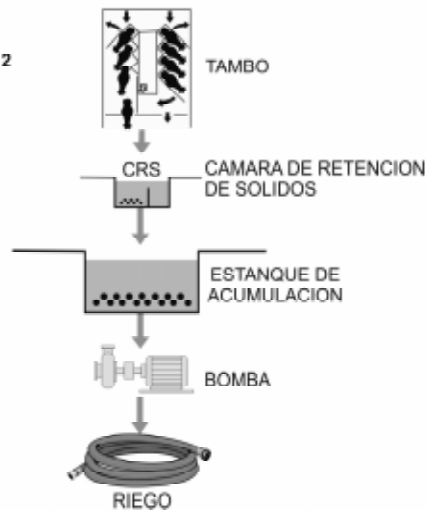
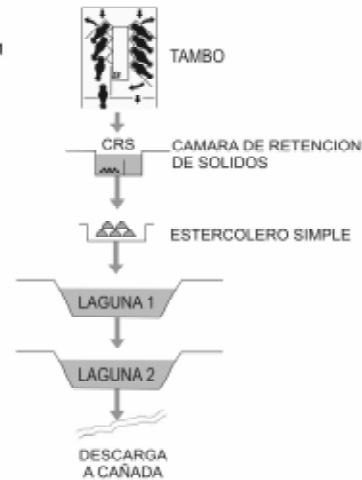


DIAGRAMA II
MODELO PLANTA TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA TAMBO
 CANTIDAD: 100-200 VACAS SIN ALIMENTACION EN SALA DE ORDEÑO

OPCION 1



OPCION 2

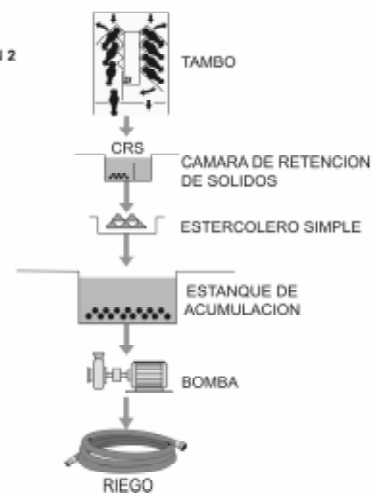


DIAGRAMA III

MODELO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA TAMBOS

CANTIDAD: 100 - 200 ANIMALES CON ALIMENTACION EN SALA DE EN ORDEÑE

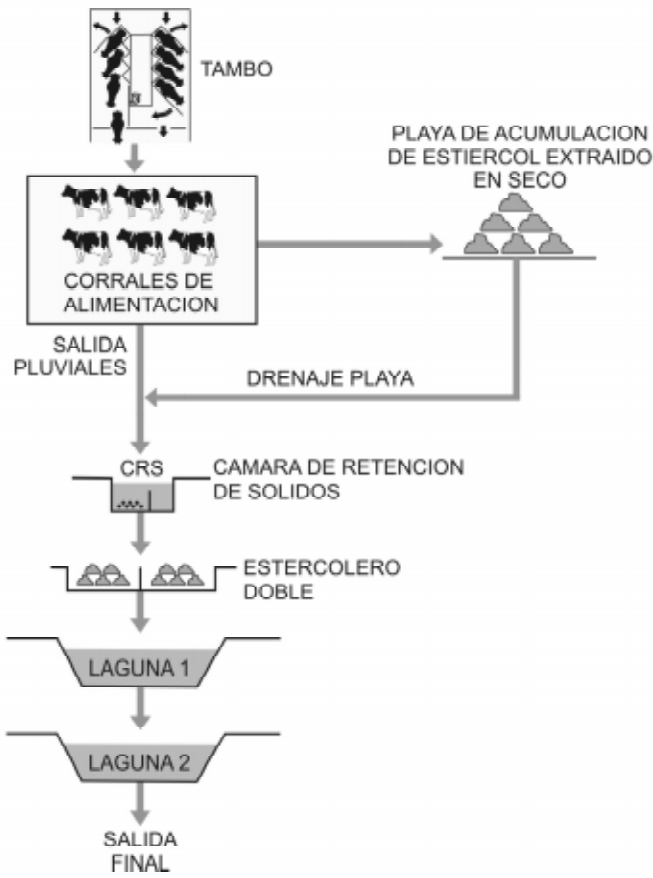
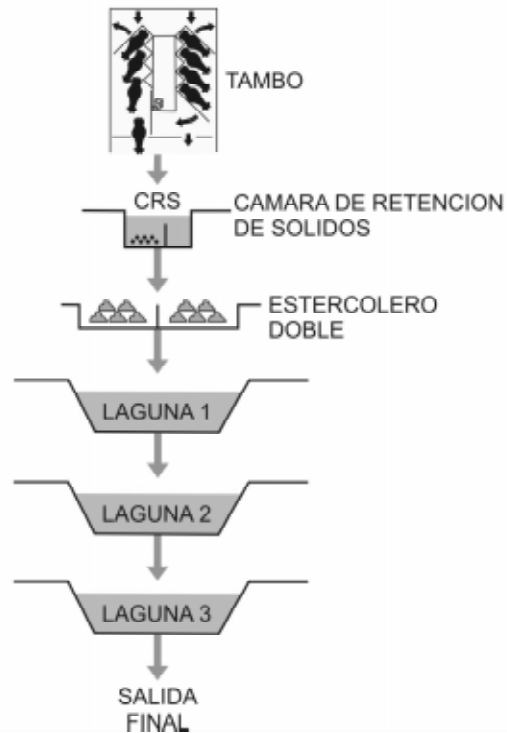


DIAGRAMA IV

MODELO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA TAMBOS

CANTIDAD: 200 - 300 ANIMALES SIN ALIMENTACION



6. DIMENSIONADO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO

En este capítulo se realiza el dimensionado de las unidades de tratamiento recomendadas.

6.1. Introducción

El dimensionado es simplemente una guía, pues éste debería ser ajustado a las condiciones propias de cada Tambo. Se incluyen las hipótesis de diseño, que se consideran conservadoras, que permiten entender las planillas de cálculo adjuntas. Además, conociendo las hipótesis de cálculo y el desarrollo del mismo se podrían ajustar las dimensiones a las realidades propias de cada Establecimiento.

A pesar de lo dicho anteriormente, se considera que las unidades recomendadas son aplicables a la mayoría de los tambos del país en los rangos preestablecidos. Igualmente se recomienda verificar previamente los siguientes parámetros:

a) Caudal de agua utilizado en el tambo por día

En caso de que el caudal sea más del doble del planteado en este diseño, se recomienda inicialmente ver las causas de dicho aumento, pues probablemente el uso del agua sea excesivo, y la primera medida requerida sea reducir el consumo.

Existen métodos para reducir el consumo de agua que van desde uso de mangueras con punteros (dan mejor limpieza con menor caudal), limpieza previa en seco, colocación de canillas con resorte para cierre automático, entre otras.

b) Ingreso de aguas pluviales al sistema de tratamiento

Es importante no incorporar aguas pluviales provenientes de zonas “no productivas”, (como las áreas de techo o aguas provenientes del campo), a las cañerías de recolección de aguas de limpieza del Tambo.

Un caudal excesivo de pluviales puede hacer que las cañerías de transporte de los efluentes a las unidades de tratamiento se vean desbordadas, que se arrastre estiércol fuera de los estercoleros llegando a las lagunas o demorando su escurrido y, que se reduzca la eficiencia de estas unidades.

Se recuerda que cada m^2 de área impermeable aporta 1 m^3 de agua por año al sistema y que en lluvias intensas cada m^2 de área puede generar 50 a 100 litros de agua pluvial en el período de la lluvia.

Para evitar estos problemas se propone revisar el aporte de pluviales al sistema y modificar el sistema de recolección si hay más de 1 m^2 de área impermeable “no productiva” por animal en ordeño.

c) Alimentación o no de animales en los corrales de espera

La práctica de alimentación de animales en corrales de espera aumenta mucho el aporte de sólidos al sistema de tratamiento. Es importante prever esta práctica y

tomar medidas para limpiezas en seco para reducir el impacto de estos corrales de espera en el sistema de tratamiento.

6.2. Hipótesis de cálculo

El cálculo de las unidades de tratamiento se basa en los siguientes datos que podrían ser ajustados en cada proyecto en particular como se indicó más arriba.

a) Caudal

Se adoptaron los siguientes caudales para el diseño de las unidades de tratamiento que se indican en este capítulo. Los caudales surgen del lavado de las aguas de ordeño.

Capacidad de ordeño	Hasta 100 vacas	100 a 200 vacas	200 a 300 vacas
Caudal (m ³ /día)	3	6	9

b) Estiércol generado

Se estimaron 5 kilogramos de estiércol con 20% de sólidos por día y por vacuno en ordeño. Estos sólidos surgen de las actividades de limpieza de la Sala de Ordeño y corresponden a los sólidos arrastrados con el caudal de efluente indicado en el ítem anterior.

En caso de tambos que tienen alimentación de animales en los corrales de espera, se entiende que el mayor volumen de estiércol generado por esta práctica se acumulará en un área separada como se muestra en el diagrama III. Esto determina que el efluente del tambo tendrá el mismo volumen de sólidos que el indicado anteriormente.

c) Carga orgánica

Se estima que la materia orgánica que llega a las lagunas de tratamiento tiene una concentración de 2,000 mg/litro en términos de DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno). La bibliografía maneja valores muy variables respecto a este parámetro. Se asume que este valor es conservador respecto a la carga del líquido sedimentado que será la que interviene en el diseño de la parte líquida de la laguna anaerobia. Parte de la DBO₅ está asociada a los sólidos sedimentables, y estos serán retenidos y degradados en el fondo de la laguna. Este valor de 2,000 mg/litro también incluye la demanda de oxígeno de los lodos acumulados en el fondo de la laguna.

En definitiva, no se realizan ajustes en función de los sólidos contenidos en el efluente del tambo, pues se agrega un espacio adicional para acumular y permitir la degradación anaerobia de dichos sólidos en el fondo de la laguna.

d) Carga Bacteriana

Se estima que la carga bacteriana a la salida del Tambo expresada en coliformes fecales es 10^8 CF/100 ml.

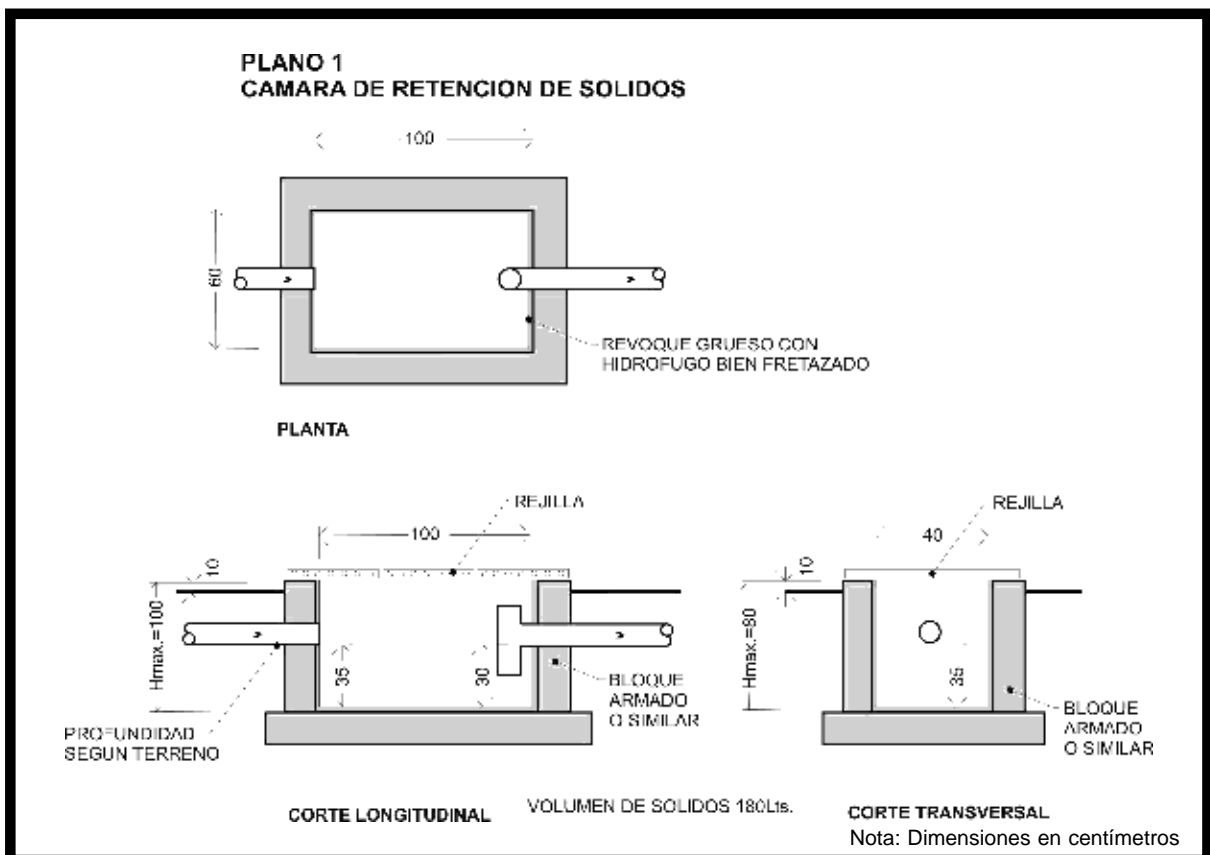
6.3. Cámara de Retención de sólidos

Los diagramas de flujo incluyen a la salida de los tambos una Cámara de retención de sólidos (CRS) cuyo objetivo es retener pedregullo o arena arrastrada por las patas de los animales a la Sala de Ordeño.

La presencia de estos sólidos en el agua residual puede generar la obstrucción de las cañerías de conducción de efluente desde el tambo a las unidades de tratamiento.

En caso de que las unidades de tratamiento (estercoleras o lagunas) estén próximas al tambo y las cañerías de recolección tengan pendientes importantes (más del 2,5 %) y diámetros importantes (más de 200 mm), podría prescindirse de estas unidades.

El diseño recomendado se detalla en el plano 1.



Las dimensiones elegidas deben permitir una fácil limpieza de la unidad, razón por la cual sus dimensiones libres dependen de la profundidad de la cámara.

La cámara tiene un “sobrefondo” donde quedan retenidos los sólidos indicados (pedregullo y arena). No es recomendable sobredimensionar esta unidad de

pretratamiento pues en ese caso comenzará a retenerse estiércol en la misma y, además, la limpieza será más dificultosa.

Es importante que se realicen limpiezas periódicas de la CRS como se indica en el capítulo siguiente. La utilidad de esta unidad es nula en caso de que la cámara esté llena de sólidos en el “sobrefondo”.

6.4. Estercolero Simple

El estercolero es una unidad que se diseña para retener estiércol. Es muy importante que la unidad de tratamiento cumpla con dos objetivos básicos:

- a) Debe tener capacidad de retención suficiente que para que las limpiezas de la unidad se realicen con la frecuencia establecida.
- b) El sistema de limpieza debe ser eficiente y práctico, y adaptado a los métodos disponibles en el tambo.

Esta segunda condición se contempló previendo la limpieza con la pala de un tractor. Se supone que este equipo es habitual en los tambos de más de 100 vacunos donde se propone construir esta unidad de tratamiento.

El estercolero simple, (ver plano 2), consiste en una caja de 2,5 metros de ancho con pendientes del 10% adecuada para que pueda bajar el tractor.

El estiércol queda retenido en la parte inferior y se escurre por una pared con ladrillo rejilla. La unidad dispone de una cañería de 160 mm que permite sacar de servicio la unidad y dejar escurrir el estiércol antes de la limpieza con el tractor.

Se estima que la limpieza se realizará aproximadamente una vez por semana. Durante el tiempo de escurrido del estiércol en la unidad, el líquido se vierte directamente, y éste se acumulará en las lagunas. Las lagunas se diseñan para que tengan capacidad para recibir esa carga de sólidos.

Se estima que la unidad retiene el 50% de estiércol afluyente en forma promedio, incluyendo los días en que no opera la unidad de pretratamiento.

El cuadro siguiente resume el volumen útil de las unidades recomendadas y la frecuencia de limpiezas, admitiendo 5 kilogramos de estiércol por animal y por día. Es importante indicar que la bibliografía consultada indica 2,5 a 6 kilogramos de estiércol diario por animal en ordeño. Se asume una densidad del estiércol igual a 1. El equipo retiene un 70% del estiércol pero su eficiencia global es 50% en la medida en que 2 días por semana se vierte directamente sin pasar por la unidad mientras esta se limpia.

Número de animales en ordeño	100	200
Altura Útil (m)	0,30	0,40
Volumen Útil (litros)	5,400	8,400
Cantidad de estiércol generado (kg/día)	500	1000
Cantidad de estiércol retenido (kg/día)	350	700
Período entre limpiezas (días)	15	12

6.5. Estercolero Doble

La metodología de limpieza del estercolero simple determina que cada semana durante uno a dos días se vierta el efluente directamente a las lagunas de tratamiento.

Esta práctica no es compatible con tambos de mayor capacidad pues las lagunas se colmatarán rápidamente. En virtud de ello se diseñó un estercolero doble (ver plano 3). Siempre hay una unidad en funcionamiento y la otra está en limpieza o en escurrimiento.

Esta solución permite una mayor flexibilidad en la operación y garantizará así una mayor eficiencia en la remoción de estiércol.

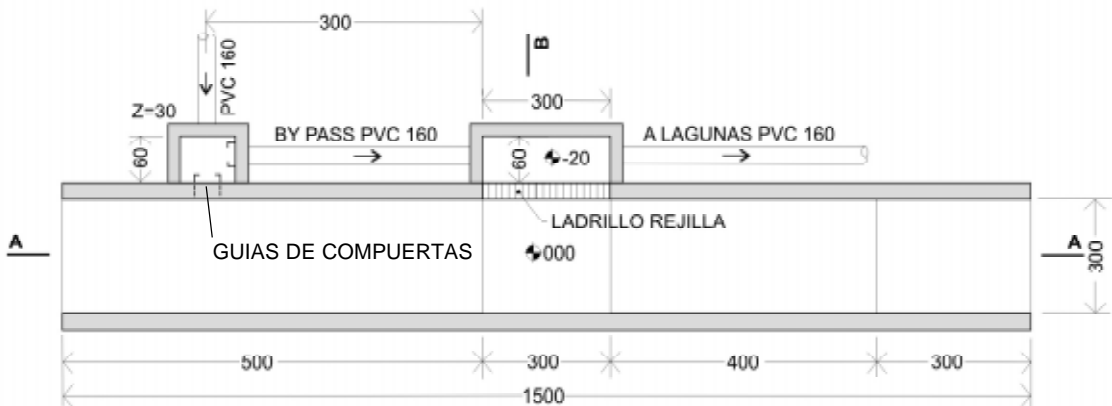
La remoción de estiércol se asume como el 70%, a efectos del diseño posterior de las lagunas de estabilización.

El cuadro siguiente resume el volumen útil de las unidades recomendadas y la frecuencia de limpiezas en las mismas condiciones que el estercolero simple. El volumen útil de cada unidad es mayor que en el estercolero simple pues el ancho de la unidad es 3,0 metros. La frecuencia de limpiezas se determina considerando que cada limpieza dura 3 días (período que incluye desde que se saca de servicio y se escurre, hasta que finalmente se limpia), que es menos tiempo que lo que demora el llenado de la otra unidad en funcionamiento

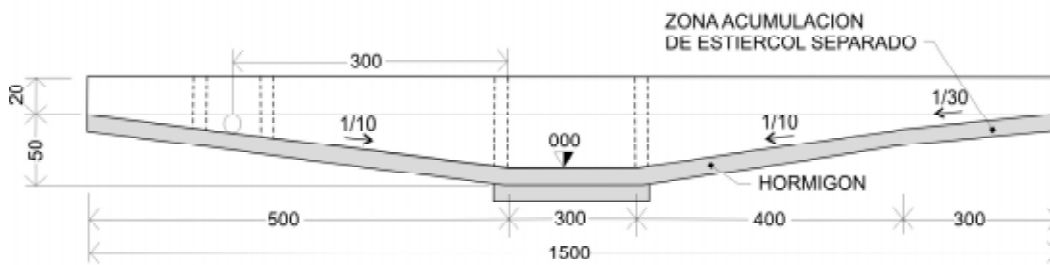
Número de animales en ordeño	200	300
Altura Útil (m)	0,30	0,40
Volumen Útil unitario (litros)	5,400	8,400
Volumen Útil total (litros)	10,800	16,800
Cantidad de estiércol generado (kg/día)	1000	1500
Cantidad de estiércol generado (kg/día)	700	1050
Período entre limpiezas de cualquier unidad (días)	15	16

El estercolero doble se recomienda para tambos de 200 animales con alimentación en el corral de espera, principalmente por la sobrecarga de la unidad los días de lluvias intensas.

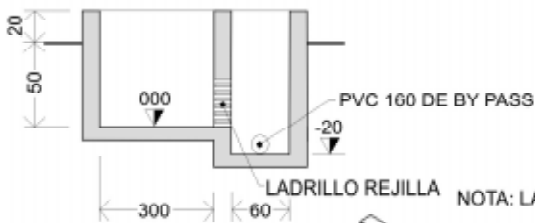
PLANO 2
ESTERCOLERO SIMPLE
100 VACUNOS



PLANTA



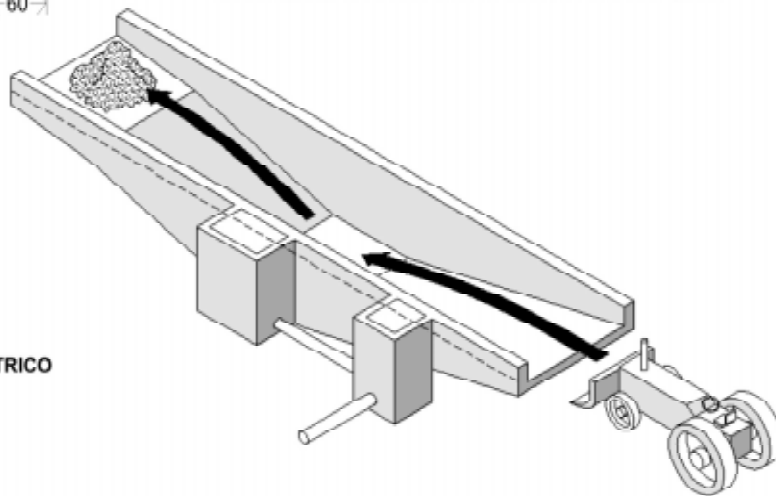
CORTE A-A



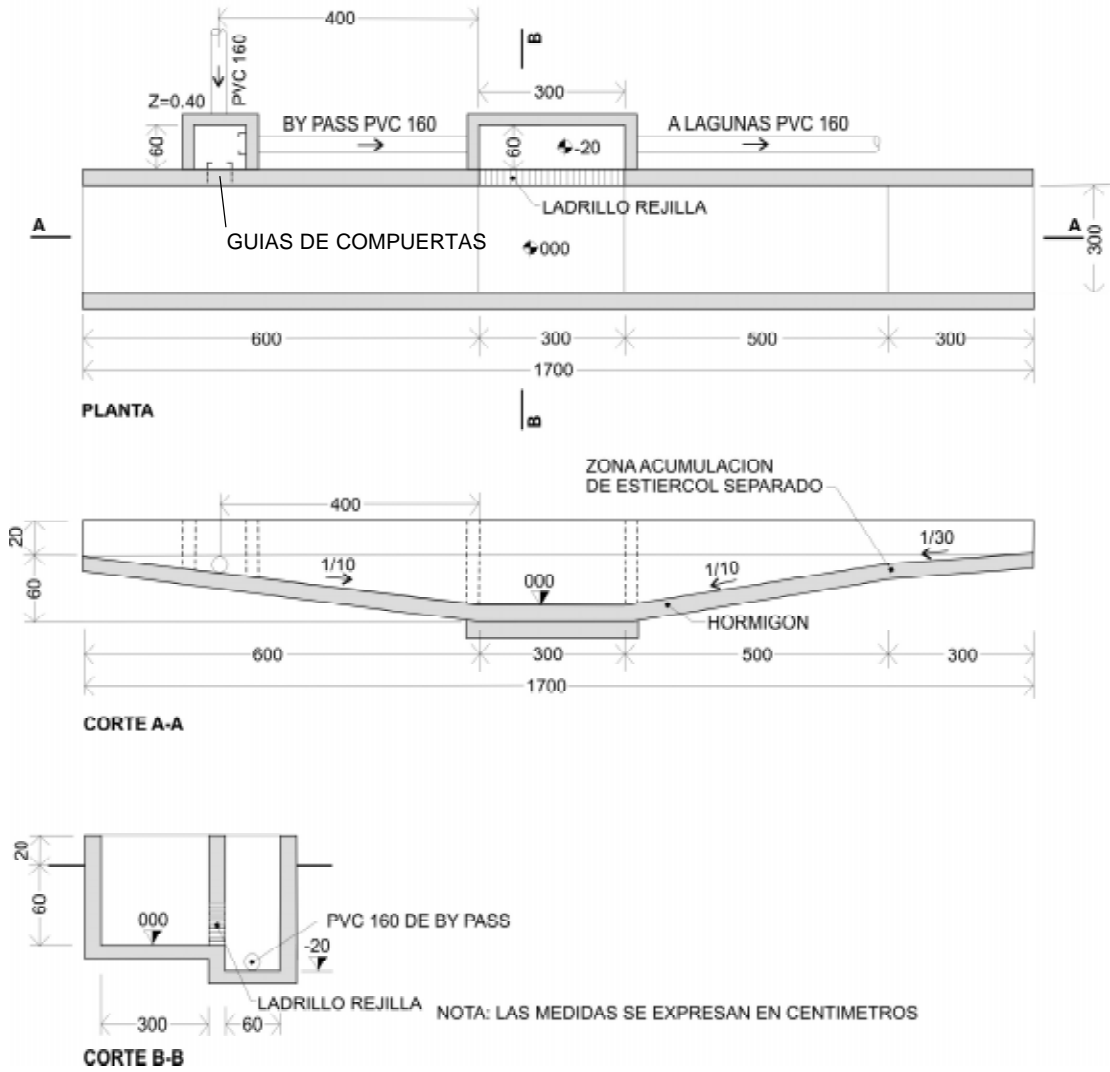
CORTE B-B

NOTA: LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN CENTIMETROS

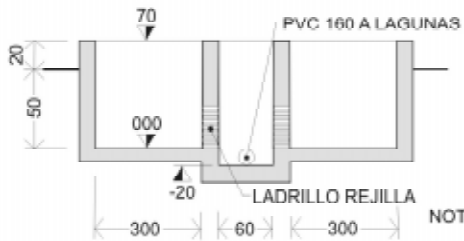
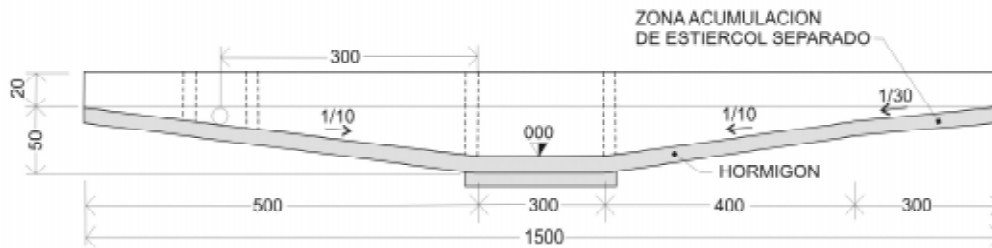
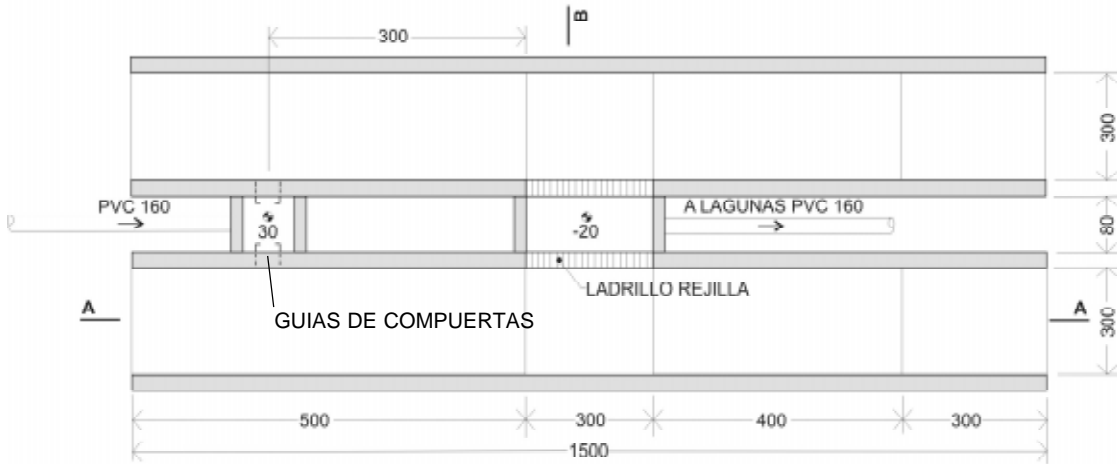
DETALLE ISOMETRICO



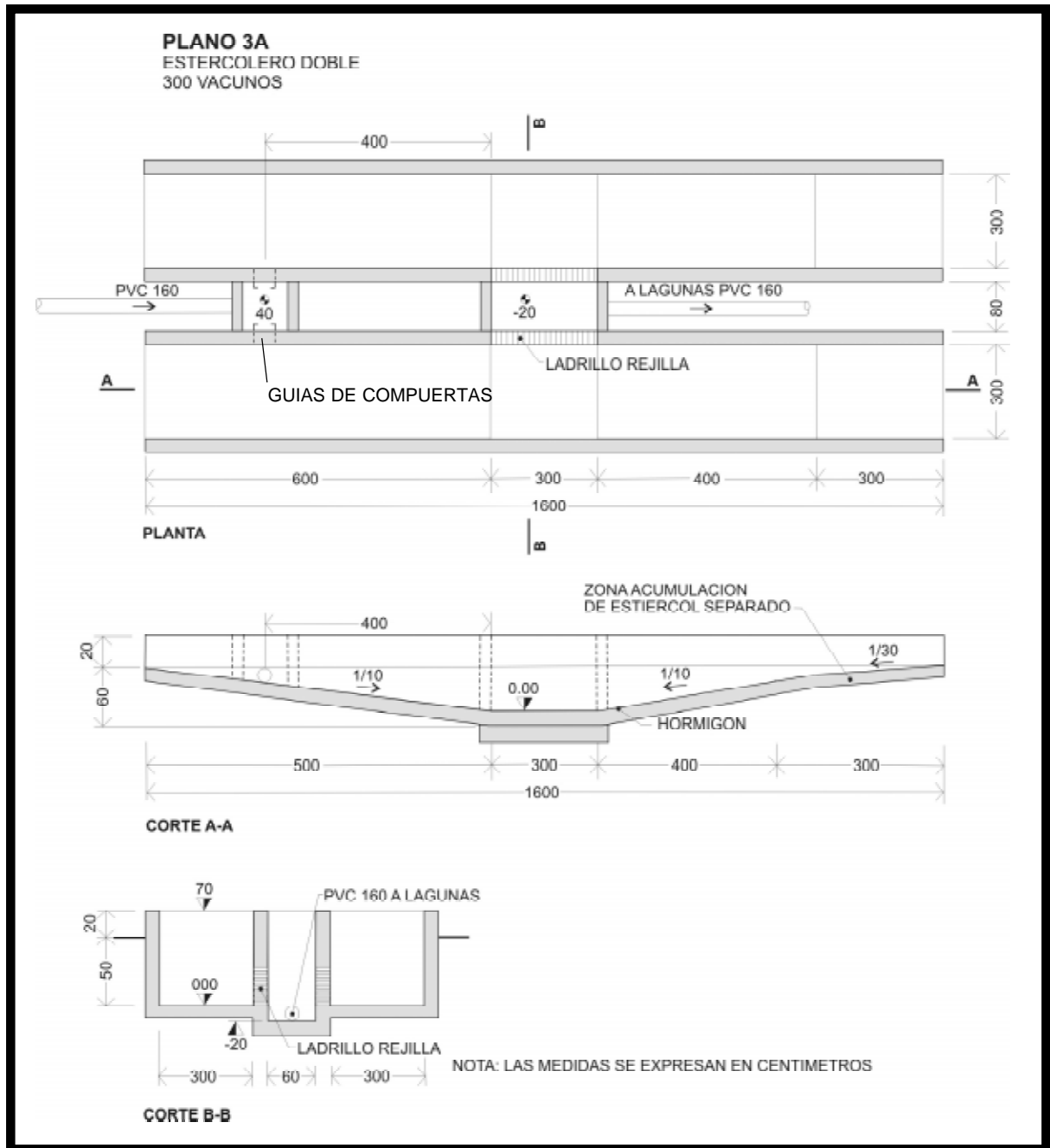
PLANO 2A
ESTERCOLERO SIMPLE
200 VACUNOS



PLANO 3
ESTERCOLERO DOBLE
200 VACUNOS



NOTA: LAS MEDIDAS SE EXPRESAN EN CENTIMETROS



6.6. Lagunas de Estabilización

La ubicación de las lagunas de estabilización en cualquiera de los diagramas de flujo presentados en el capítulo anterior, determina que en estas unidades se removerán sólidos (estiércol), se reducirá la materia orgánica, y se disminuirá la contaminación bacteriana (medida como coliformes fecales que están limitados en las normas de vertido a curso de agua).

a) Remoción de sólidos en suspensión

En todos los casos se espera que la primer laguna reciba sólidos en suspensión.

En el diagrama I (pág. 17) deberá recibir y tener capacidad para acumular todo el

estiércol en la medida en que no se propone construir una unidad para separar el estiércol previamente.

Finalmente los diagramas III y IV (pág. 18) tendrán incorporado un estercolero doble antes de las lagunas. Se asume que la eficiencia de remoción de estiércol, en este caso será del 70% en las unidades previas a las lagunas y estas deben estar diseñadas para recibir el 30% del residuo sólido generado en el tambo.

b) Reducción de materia orgánica disuelta

Las lagunas se diseñarán para remover la materia orgánica disuelta (medida indirectamente a través de la Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO_5) y retener y digerir los sólidos en suspensión en el fondo de la laguna anaerobia N^o1.

La laguna N^o1 se diseñará como laguna anaerobia. Por esta razón se diseña de 3,0 metros de profundidad útil, lo cual favorece el desarrollo de los procesos de digestión en ausencia de oxígeno. La laguna podrá recibir 33 gramos de DBO_5 por día y por cada m³ de laguna.

En forma adicional, se aumenta la capacidad de la laguna para que pueda acumular y degradar los sólidos en suspensión afluentes durante cuatro años. Al final de ese período de tiempo, se debería limpiar la laguna inicial.

El volumen ocupado por los sólidos se calcula con las siguientes hipótesis.

- El 20% de los sólidos son fijos (inorgánicos) y no se degradan en el fondo de la laguna
- El lodo se degrada a partir del primer año de acumulación. Entre el primer y segundo año la parte orgánica (no fija) se reduce un 50% mientras que entre el segundo y tercer año queda reducida solamente al 25%
- A partir del tercer año el lodo ocupa solamente la parte correspondiente a la parte fija y al 25% de la parte volátil (orgánica), que se considera que no continúa degradándose
- No se consideran fenómenos de concentración por decantación en el fondo de la laguna, manteniendo el 20% de contenido de sólidos como se indicara anteriormente

La laguna N^o2 actúa como una laguna facultativa. Por esta razón se diseña con 1,2 metros de profundidad de agua para permitir el desarrollo de algas. La laguna recibirá el 33% de la carga de DBO inicial y podrá procesar 50 kilogramos de DBO por cada hectárea de superficie líquida.

No se considera que sea necesario la limpieza de la laguna durante su vida útil estimada en más de 25 años.

c) Remoción de carga bacteriana

La carga bacteriana de los efluentes de los tambos es elevada. El cambio de las condiciones ambientales para los microorganismos determina un decaimiento natural que es exponencial con el tiempo de retención.

En forma adicional, la existencia de lagunas en serie aumenta la eficiencia de remoción bacteriana. En el punto siguiente se calcularán las carga efluentes del contenido bacteriano esperado a la salida del sistema de lagunas.

En el caso de las lagunas diseñadas para 300 animales en ordeño conviene dividir la última laguna facultativa en dos unidades en serie para facilitar su ubicación en el predio y además para mejorar la remoción bacteriana.

En caso de que se proyecte regar con el efluente de las lagunas, siempre será conveniente realizar un análisis del contenido de coliformes fecales o microorganismos en general para verificar el riesgo de su uso. La eficiencia depende en gran forma de la temperatura que cambia durante el año; como el tiempo de retención de las lagunas es elevado, esta simulación puede ser poco precisa.

d) Dimensionado de la laguna N°1

A partir de los comentarios realizados en los párrafos anteriores, se realiza en el cuadro siguiente el dimensionado de la primer laguna anaerobia.

	N°vacas en ordeño	100	200	300	Comentarios
1	Eficiencia del Bostero	0	50	70	
2	Caudal Afluente (m3/día)	3	6	9	
3	DBO afluente (ppm)	2.000	2.000	2.000	
4	Volumen para DBO (m3)	180	360	540	
5	Volumen para lodo crudo acumulado al final del primer año (m3)	182	182	164	
6	Volumen de sólidos fijos que entran por año (m3)	36,4	36,4	32,8	20% de (5)
7	Volumen de fracción orgánica que entra por año (m3)	145,6	145,6	131,2	80% de (5)
8	Volumen de fracción orgánica que entró primer año al final del segundo año (m3)	72,8	72,8	65,6	50% de (7)
9	Volumen de lodo acumulado al final del segundo año (m3)	291	291	262	(5)+(6)+(8)
10	Volumen de fracción orgánica que entró primer año al final del tercer año (m3)	36,4	36,4	32,8	25% de (7)
11	Volumen de lodo acumulado al final del cuarto año (m3)	437	437	393	(9)+2*(6)+2*(10)
12	Volumen neesario útil de laguna anaerobia inicial (m3)	617	797	933	(4) + (11)

La laguna deberá tener 3 metros de profundidad útil y 3,5 metros de profundidad total ya que se recomienda adoptar 0,5 metros de altura libre. La pendiente interior de los taludes deberá ser mayor a 2/1 (horizontal / vertical) para asegurar la estabilidad del talud.

Se recomienda que las dimensiones de la laguna sean compatibles con la maquinaria vial que realizará la obra. Se deberá evitar que las entradas y salidas estén construidas próximas, para evitar cortocircuitos.

Se darán directivas respecto a estos aspectos en los capítulos siguientes.

e) Dimensionado de la laguna N°2

En este caso la laguna recibe el efluente de la laguna N°1 con menor contenido orgánico y sin una carga apreciable de sólidos en suspensión.

El cuadro que se resume a continuación realiza el cálculo de las dimensiones de la laguna según la carga afluente.

Número de vacas en ordeño	100	200	300
Caudal afluente (m ³ por día)	3	6	9
Carga afluente (kg DBO/día)	1,8	3,6	5,4
Espejo de agua (m ²)	360	720	1,080

La laguna deberá tener 1,2 a 1,5 metros de profundidad útil y 1,7 metros de profundidad total ya que se recomienda adoptar 0,5 metros de altura libre. La pendiente interior de los taludes deberá ser mayor a 2/1 (horizontal / vertical) para asegurar la estabilidad del talud.

f) Planos de las lagunas, Dimensiones y tiempos de retención

Los planos 4, 5 y 6 muestran las dimensiones recomendadas para las lagunas de estabilización agrupadas en 100, 200 o 300 vacunos en ordeño.

Este diseño corresponde a los valores calculados en los dos apartados anteriores, pero puede ser ajustado para que se adapte mejor a la topografía del terreno.

Recordar que el umbral del terraplén así como el fondo de cada laguna deberá ser un plano horizontal. Podrá existir un desnivel entre los umbrales de los terraplenes de las diferentes lagunas, por supuesto siendo más bajo el umbral de la laguna 2 respecto a la laguna 1. En los planos indicados, esta diferencia de nivel se fijó en 0,30 metros.

El cuadro siguiente resume las dimensiones más importantes de las diferentes lagunas y el tiempo de retención calculado según las medidas adoptadas en los modelos tipo. Surge de los datos indicados en el ítem d) y e).

Número de vacas en ordeño		100	200	300
Laguna Anaerobia	Volumen Útil (m ³)	180	360	540
	Volumen Total (m ³)	624	791	956
	Tiempo de Retención Útil (días)	60	60	60
	Tiempo de Retención Total (días)	208	132	106
Laguna Facultativa	Volumen (m ³)	346	711	1043
	Tiempo de Retención (días)	115	119	116
Conjunto de Lagunas	Tiempo de Retención Total (días)	323	251	222

Las entradas a las lagunas, anaerobia o facultativa se recomienda que sea sumergida. En el caso de la laguna anaerobia conviene que se realice a 0.5 metros de profundidad, y en la facultativa a 0.30 metros. La salida deberá ser realizada como mínimo a 0,30 metros de profundidad lo que permite también retener los flotantes. Se detallan estos aspectos en el plano 7.

g) Remoción Bacteriana

A efectos de determinar la eficiencia en la remoción de colifecales se realizó el cálculo del decaimiento natural de estos microorganismos en la segunda laguna.

Se asumió una concentración de 10⁸ colifecales por 100 ml como carga de entrada al sistema, y se adoptó coeficiente de decaimiento (K_b) de 0.56 días⁻¹ valor indicado en la bibliografía para temperaturas de 10° C. El siguiente cuadro resume los valores obtenidos, considerando condiciones de flujo mezclado en la segunda laguna, y adoptando que en la primera se remueve un orden en la concentración de este parámetro, o sea que ingresan 10⁷ colifecales por 100 ml en la segunda laguna facultativa.

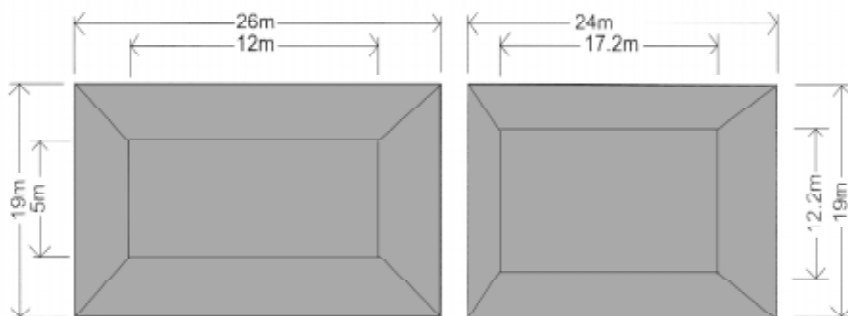
N° VACAS	100	200	300
Tiempo de Retención Laguna Facultativa	115	119	116
CF/ 100 ml	< 1000	< 100	< 100

Se observa que los valores obtenidos corresponden a concentraciones inferiores a los máximos admisibles en vertidos a curso de agua que alcanza 5000 CF/100ml.

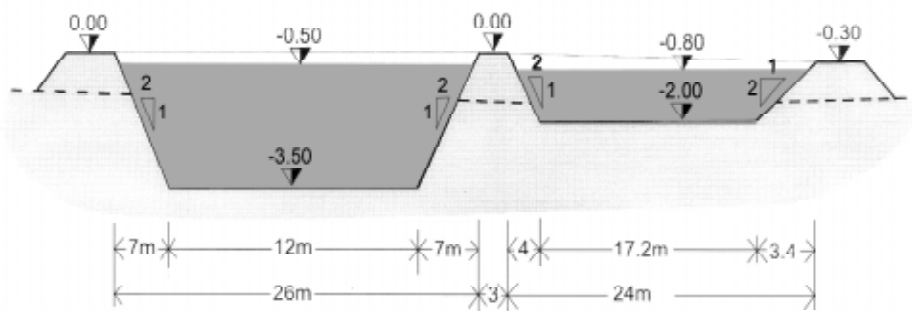
Se destaca que este cálculo corresponde solamente al decaimiento de colifecales, y

que no modela otro tipo de microorganismos. En aquellos casos en los que se proyecte reciclar esta agua -por ejemplo en riego- se deberá evaluar según las exigencias de cada caso. Existen trabajos de investigación realizados a la fecha, que se han presentado en seminarios y publicaciones relacionados con esta temática.

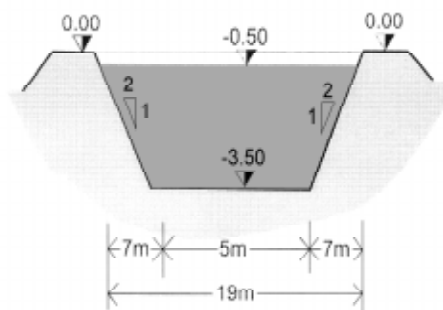
PLANO 4
MODELO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA TAMBOS
 ESQUEMA DE LAGUNAS
 100 ANIMALES



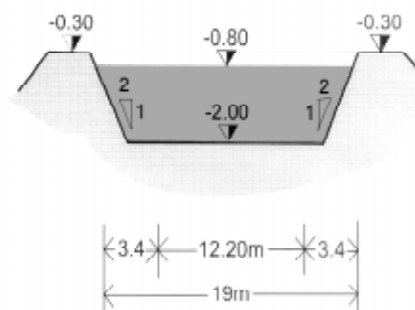
PLANTA



CORTE



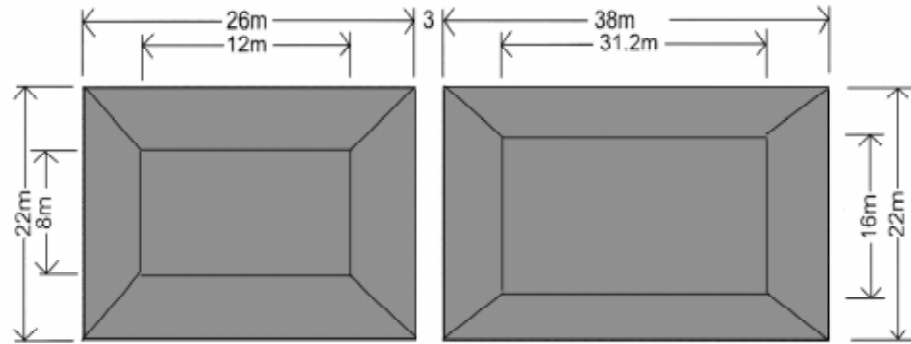
CORTE TRANSVERSAL
 (LAGUNA ANAEROBIA)



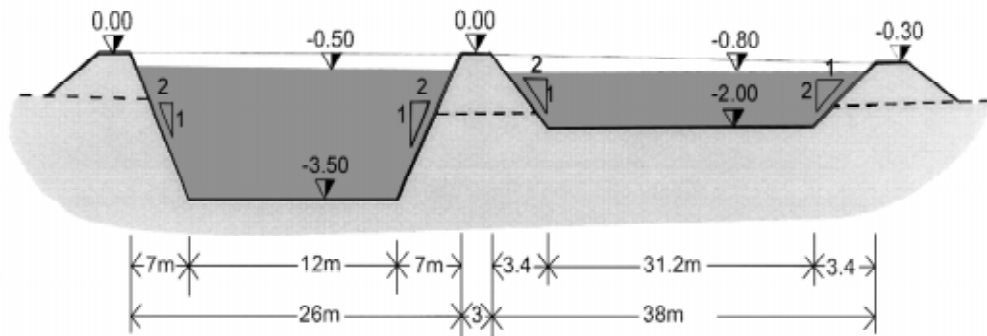
CORTE TRANSVERSAL
 (LAGUNA FACULTATIVA)

	ANAEROBIA	FACULTATIVA
VOL. UTIL	180	346
VOL. TOTAL	624	346
TRH UTIL (días)	60	115
TRH TOTAL (días)	208	115

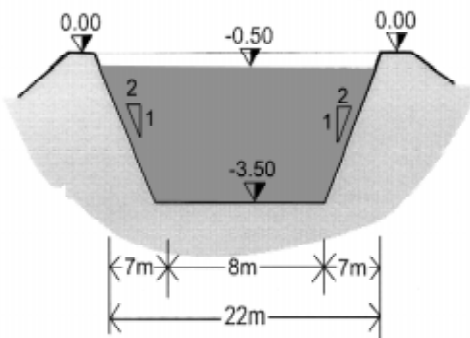
PLANO 5
MODELO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA TAMBOS
 ESQUEMA DE LAGUNAS
 200 ANIMALES



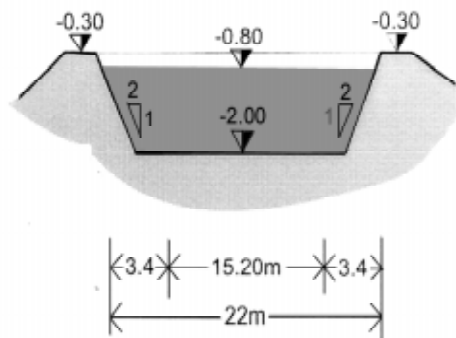
PLANTA



CORTE LONGITUDINAL



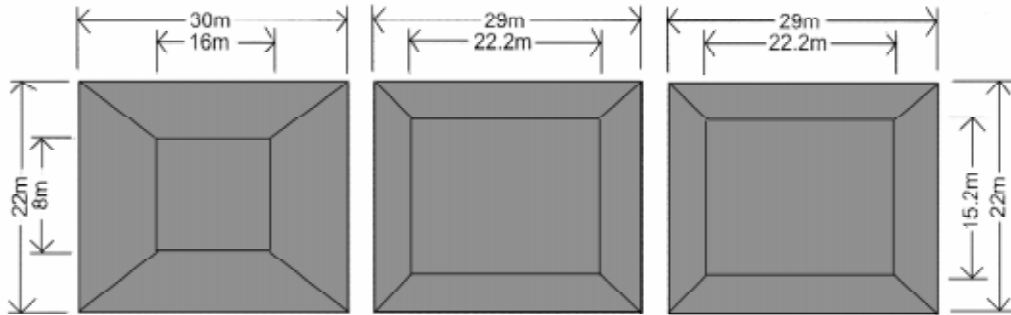
CORTE TRANSVERSAL
(LAGUNA ANAEROBIA)



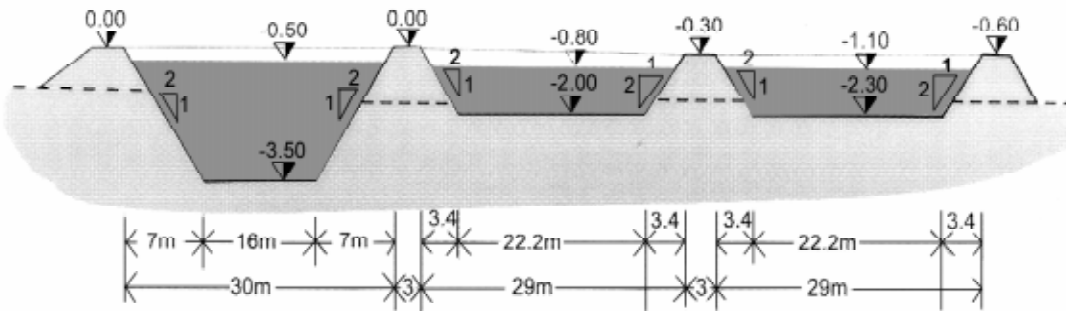
CORTE TRANSVERSAL
(LAGUNA FACULTATIVA)

	ANAEROBIA	FACULTATIVA
VOL. UTIL	360	727
VOL. TOTAL	791	727
TRH UTIL (días)	60	121
TRH TOTAL (días)	132	121

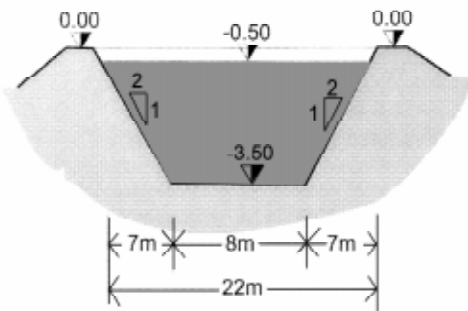
PLANO 6
MODELO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA TAMBOS
 ESQUEMA DE LAGUNAS
 300 ANIMALES



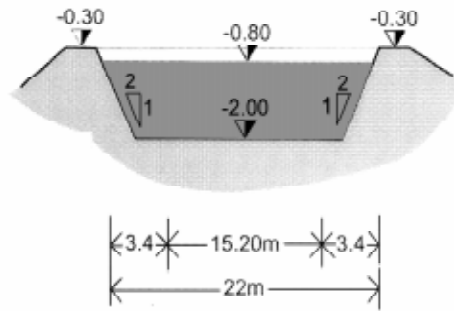
PLANTA



CORTE

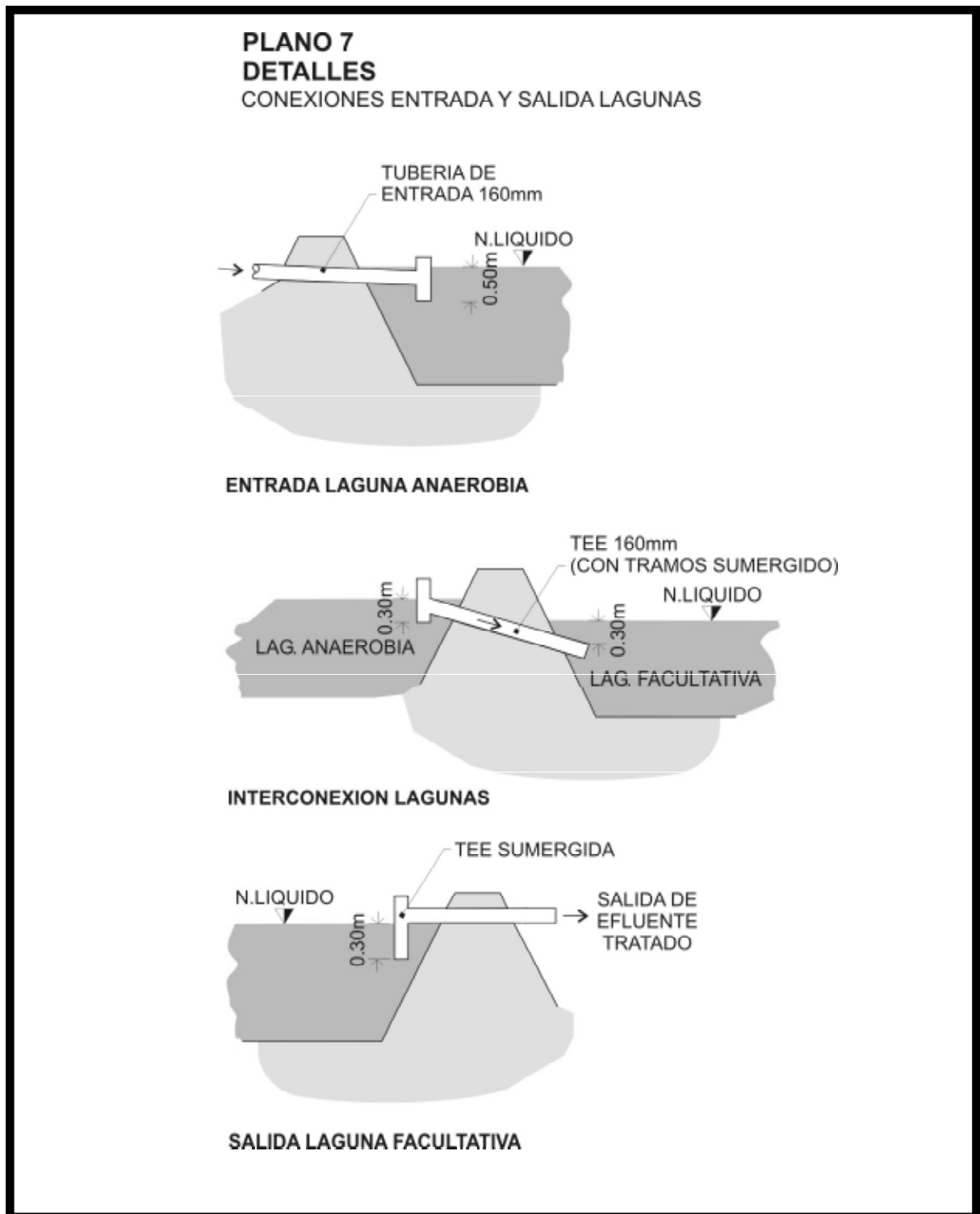


CORTE TRANSVERSAL
 (LAGUNA ANAEROBIA)



CORTE LONGITUDINAL
 (LAGUNA FACULTATIVA 1)

	ANAEROBIA	FACULTATIVA
VOL. UTIL	540	1043
VOL. TOTAL	956	1043
TRH UTIL (día)	60	116
TRH TOTAL (día)	106	116



6.7. Laguna de Acumulación para riego

La laguna de acumulación deberá tener capacidad hidráulica para retener el líquido durante períodos de lluvia y humedad frecuente que no sea posible regar.

En forma adicional se deberá prever un espacio para acumular lodos de las unidades de tratamiento.

Por ambas razones se recomienda construir como laguna de acumulación la primer laguna anaerobia, detallada en el apartado anterior y en los planos 4 a 6 anteriores.

En forma adicional, esta obra le permitirá en un futuro modificar su sistema de tratamiento e incluir a continuación una laguna facultativa.

6.8. Area de riego

El área deberá ser definida por un estudio agronómico en función del cultivo al que se aplique el efluente.

Por definición, un sistema de riego no deberá tener descarga, o sea que todo el efluente deberá ser absorbido por el suelo y las plantas.

La bibliografía consultada indica que se riegue en forma alternada en fajas de 4 a 5 metros de ancho, 100 metros de largo, sin pendiente transversal, con una fuerte pendiente longitudinal del 1% en los primeros 15 metros, y una débil pendiente longitudinal del 0,25% en el resto.

7. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

A partir del diagnóstico se verifica que las unidades de tratamiento deberán tener una construcción idónea para evitar futuros deterioros que hacen necesarias obras de reparación costosas. En estos casos se “pierde la oportunidad” de la obra.

En efecto, el esfuerzo que realiza el Propietario del Tambo es importante desde el punto de vista económico y humano, pues desvía la atención en temas que no son de su especialidad. Por esta razón, un esfuerzo particular en la etapa de obra permite que el Propietario no tenga que “volver” sobre el tema y solamente se ocupe de su operación y mantenimiento, y no de reparaciones que no deben suceder.

7.1. Cámara de Retención de sólidos

Deberá ser construida con materiales idóneos que garanticen su estanqueidad y su estabilidad estructural.

Podrá ser de mampostería (ladrillos o bloques) preferentemente armados.

Es preferible que sea revocada interiormente para proteger los materiales, y lustrada para facilitar la limpieza.

Evitar que las tapas o rejas, si las tuviere, sean pesadas dificultando posteriormente los trabajos de mantenimiento.

7.2. Estercoleros

Se recomienda realizarlos con el siguiente orden:

- Excavación y compactación del piso. En caso de que los materiales del fondo tengan materia orgánica o no sean firmes, se deberá retirar la misma y sustituirla por balasto compactado. Esto es particularmente importante para evitar la fisuración posterior del pavimento.
- Piso de hormigón armado de 15 cm de espesor.
- Paredes de bloque armado. La última hilera de bloques podrá ser un bloque U relleno de hormigón.
- Cámaras de mampostería revocadas y lustradas interiormente.
- Cañerías de PVC asentadas en arena.

7.3. Lagunas de Acumulación y Estabilización

Para realizar las lagunas se procederá de la siguiente forma:

- Replanteo de las unidades.
- Retiro de tierra vegetal de la zona donde se implantará la excavación de las lagunas y los terraplenes, inclusive en las bases exteriores de los mismos. Dejar la tierra en un costado de la obra para su futura colocación.
- Excavación de la cuba y uso de los materiales de la misma para conformar los terraplenes. Se inspeccionará si el material es apropiado, seleccionando los que presenten arcilla que asegure la estanquidad. No se admitirán arenas limpias o tosca.
- Los terraplenes se conforman en capas compactadas de espesor máximo de 30 cm.
- Se finaliza con el umbral de los terraplenes, con pendiente transversal uniforme y hacia fuera de las lagunas.
- Se tiende la tierra vegetal y se realiza un adecuado emprolijado y rastrillado de la superficie para favorecer el crecimiento posterior de gramilla y asegurar el posible corte con tractor con rotativa. La colocación de suelo pasto en la parte superior evita erosiones generadas por el escurrimiento de aguas de lluvia.
- Se construyen las cañerías de entrada y salida de la laguna.
- Se construyen cunetas para desvío de pluviales en caso necesario.

Durante la construcción se deberá realizar un control de las cotas del fondo de la laguna y de los terraplenes. Recordar que deben ser planos horizontales los umbrales de cada laguna y el fondo de cada una. Habrá una diferencia de nivel entre las lagunas, siendo más bajas las facultativas.

8. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Una adecuada operación de una planta de tratamiento es tanto o más importante que un correcto diseño. Las unidades tienen funciones específicas respecto a la remoción de algún componente.

En particular en los tambos se diseñan varias unidades para remover sólidos groseros, sedimentables o en suspensión. Este objetivo se realiza por decantación de componentes con peso específico mayor que el agua, razón por la cual se irán acumulando en el fondo de la unidad respectiva.

Esta explicación permite concluir fácilmente que los “fondos” de este tipo de unidades se irán llenando. Cuando la capacidad de acumular los sólidos se complete, la unidad dejará de funcionar para el objetivo que fue diseñada. La unidad de tratamiento será una simple cámara de pasaje.

Es imprescindible, entonces, que exista una rutina de limpiezas que permita mantener la unidad operativa.

8.1. Cámara de Retención de sólidos

La capacidad de la unidad presentada en el plano 1 es de 180 litros.

Se recomienda limpiar esta unidad con una pala apropiada (tipo cucharón con orificios para que escurra el agua y se puedan remover los sólidos) cada vez que se llene se recomienda limpiar 2 veces por semana como mínimo para evitar que el residuo se compacte en el fondo y luego sea difícil de retirar.

8.2. Estercolero Simple

Esta unidad retiene el estiércol generado en el tambo. El residuo retenido se escurre a través de la pared de ladrillo rejilla indicada en el plano.

En general la unidad retiene más residuo si está parcialmente llena, pues el residuo actúa de filtro en sí mismo.

Para realizar su limpieza, el Tambo deberá contar con tractor con pala. Se desvía el agua que entra a la unidad y se envía directamente a las lagunas haciendo uso de las compuertas indicadas en el plano.

Se deja escurrir un día (puede ser menos en verano).

Al día siguiente se limpia con el tractor, corriendo el residuo a la parte superior del otro lado de la entrada del líquido. En esa zona se termina de secar y se vuelve fácilmente manejable para su retiro con pala a una zorra y su vertido al campo o a un terreno.

La disposición de esta bosta deberá ser adecuada para evitar que luego llegue a un curso de agua por arrastre luego de una lluvia. En caso de ser posible, la mejor utilidad que puede dársele es como mejorador de suelo en el campo, para lo cual se deberá tender en una fina capa.

Conviene ubicar la disposición final del material sólido en puntos elevados alejados de cursos de agua.

8.3. Estercolero Doble

La operación es similar al caso anterior, pero se saca una unidad de servicio habilitando la otra. Se dejarán más días para el escurrido previo a la extracción del residuo con el tractor.

8.4. Laguna N°1, Anaerobia

Una laguna anaerobia con un buen grado de funcionamiento presentará un color oscuro con intensos burbujeos en la superficie, en algunos casos flotando incluso lodos del fondo de la laguna.

La presencia de flotantes no es un inconveniente siempre que no sea una capa espesa que impida el burbujeo de los gases generados en el proceso de fermentación anaerobia.

Normalmente estas lagunas aplicadas a efluentes de tambos no generan malos olores. En caso de que así se produjera, esto puede ser un síntoma de sobrecarga. Revisar entonces las posibles causas de sobrecarga (mayor producción, poca frecuencia de limpieza de los estercoleros, vertidos de leche al efluente).

El mantenimiento y operación de la laguna anaerobia consiste en los siguientes trabajos:

- a)** Control de las estructuras de entrada y salida de la laguna. Realizar una inspección visual cada 15 días y realizar la limpieza de las estructuras en caso necesario.
- b)** Control del estado de erosión de los terraplenes. Los terraplenes se protegen con tierra vegetal para favorecer la estabilidad del talud que puede ser erosionado con las lluvias. Se recomiendan inspecciones quincenales o luego de lluvias intensas reparando las zonas dañadas. El umbral superior tiene que tener una pendiente pareja, en lo posible hacia fuera, para evitar que el agua de lluvia genere surcos y arrastre material del terraplén y posteriormente lo debilite. Se cuidará que animales dañen el talud con sus pisadas. Es recomendable cercar el perímetro de las lagunas.
- c)** Se controlará la existencia de nutrias que puedan construir cuevas en los terraplenes de las lagunas.
- d)** La limpieza de los sólidos retenidos en el fondo de la laguna deberá realizarse cada cuatro años, o cuando los mismos ocupen 2 metros de altura en la laguna. Esta tarea es sumamente importante, y mal realizada puede generar un importante impacto ambiental o un gran deterioro de las lagunas. Al realizarla cada cuatro años amerita una adecuada planificación, cuidado y posterior control. No se deberá minimizar este trabajo por lo dicho anteriormente. Se recomiendan los siguientes métodos para la limpieza:
 - d₁)** Sacar la laguna de servicio en verano enviando los líquidos afluentes directamente a la laguna N°2. Extraer el agua sobrenadante con bomba o mediante sifón hacia la segunda laguna y dejar escurrir. Limpiar con máquina, ingresando a la laguna con topador, o desde la orilla con una retroexcavador.
 - d₂)** Conseguir una bomba sumergible de motor abierto o vortex, apta para manejo de lodo. Suspenderla de una balsa e ir recorriendo la laguna extrayendo lodo del fondo. El líquido-lodo que va extrayendo la bomba se puede descargar al campo cui-

dando que el residuo quede incorporado al terreno, no se genere escurrido excesivo y que nunca el líquido lodo pueda llegar a alguna zanja o curso receptor.

La limpieza de la laguna no implica dejar la laguna como cuando inició su operación. La medida del nivel de lodos antes y después de cada limpieza puede ser usado para verificar la eficiencia de la limpieza realizada, principalmente con el procedimiento de la bomba donde no se puede realizar una inspección ocular del resultado del trabajo de limpieza.

El vertido del lodo al campo no genera mayores inconvenientes al terreno. El lodo está parcialmente digerido por cuanto su contenido bacteriano es menor y produce menos olores que el líquido crudo del tambo aplicado directamente al terreno.

8.5 Laguna N° 2 Facultativa

La laguna facultativa deberá permanecer verde producto del desarrollo de algas en la superficie líquida. Es probable una mayor concentración de algas verificado por una coloración más verdosa, en los meses de primavera y verano.

Es probable la aparición de vegetación flotante (lentejas de agua o similar) que se recomienda sean retirados para que no disminuya la aireación superficial.

Los trabajos de operación y mantenimiento son los mismos que los indicados en la laguna anaerobia, con la diferencia de que los flotantes deben ser retirados, pues disminuyen la acción solar (elemento fundamental en el desarrollo de las algas).

La laguna no será sometida a limpiezas del fondo salvo que por problemas de funcionamiento en la primer laguna sea necesario su limpieza. La misma se podrá hacer por vaciado o por bombeo, sin vaciar la misma, como ya fuera explicado con las lagunas anaerobias.

9. EJEMPLOS DE DISEÑO

Se adjunta el plano 8 con el trabajo de relevamiento planialtimétrico realizado en un Tambo del Departamento de San José.

Se identifica la ubicación del Tambo, la zona donde se transportarán las cañerías de efluentes y el área de emplazamiento de las lagunas.

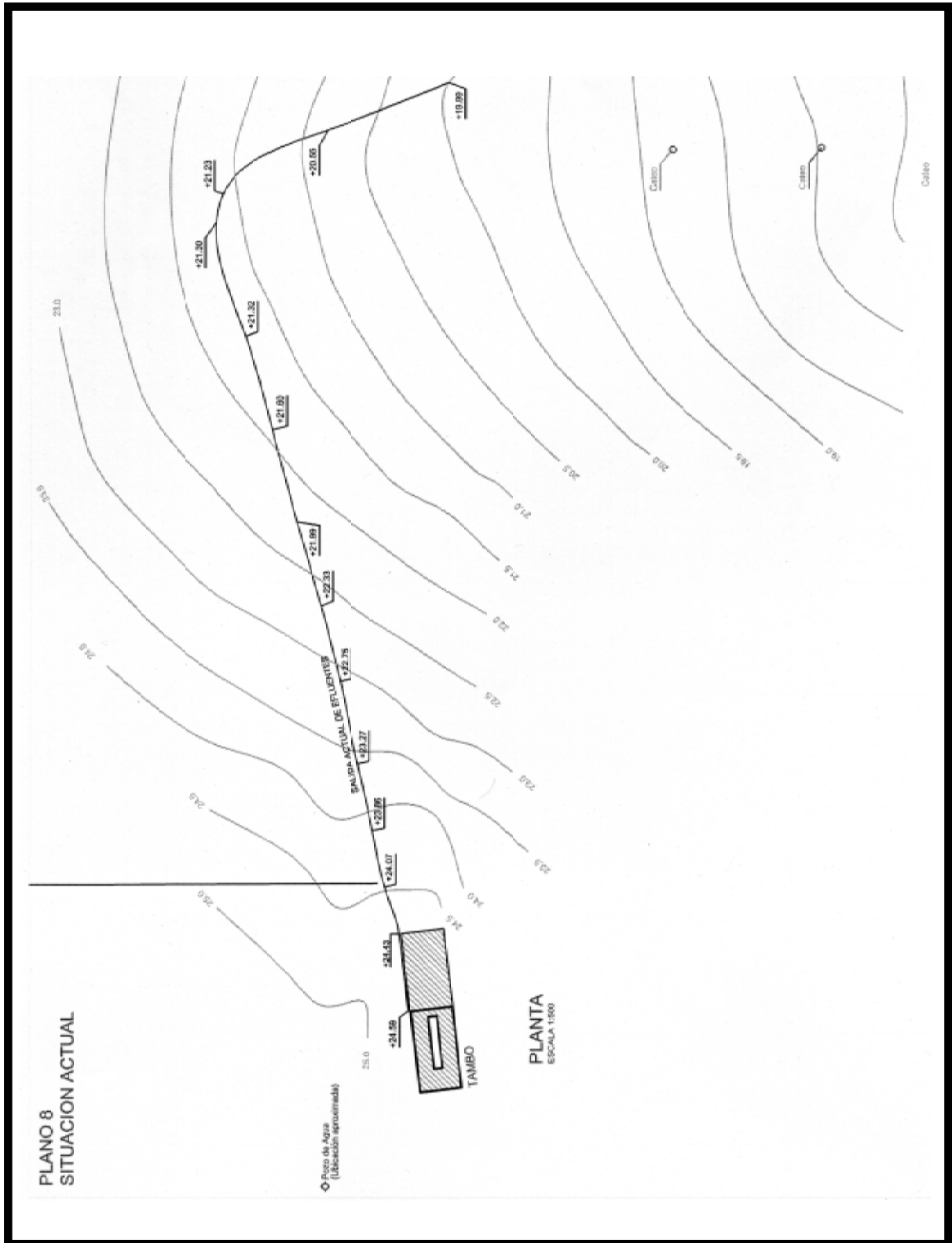
Se ubican los cateos realizados que marcaron que no se podrán excavar más de 2,0 metros por un cambio de textura de arcilla limosa a arcilla arenosa.

Se recomienda ubicar el pozo de agua y los alambrados para facilitar la interpretación de los planos.

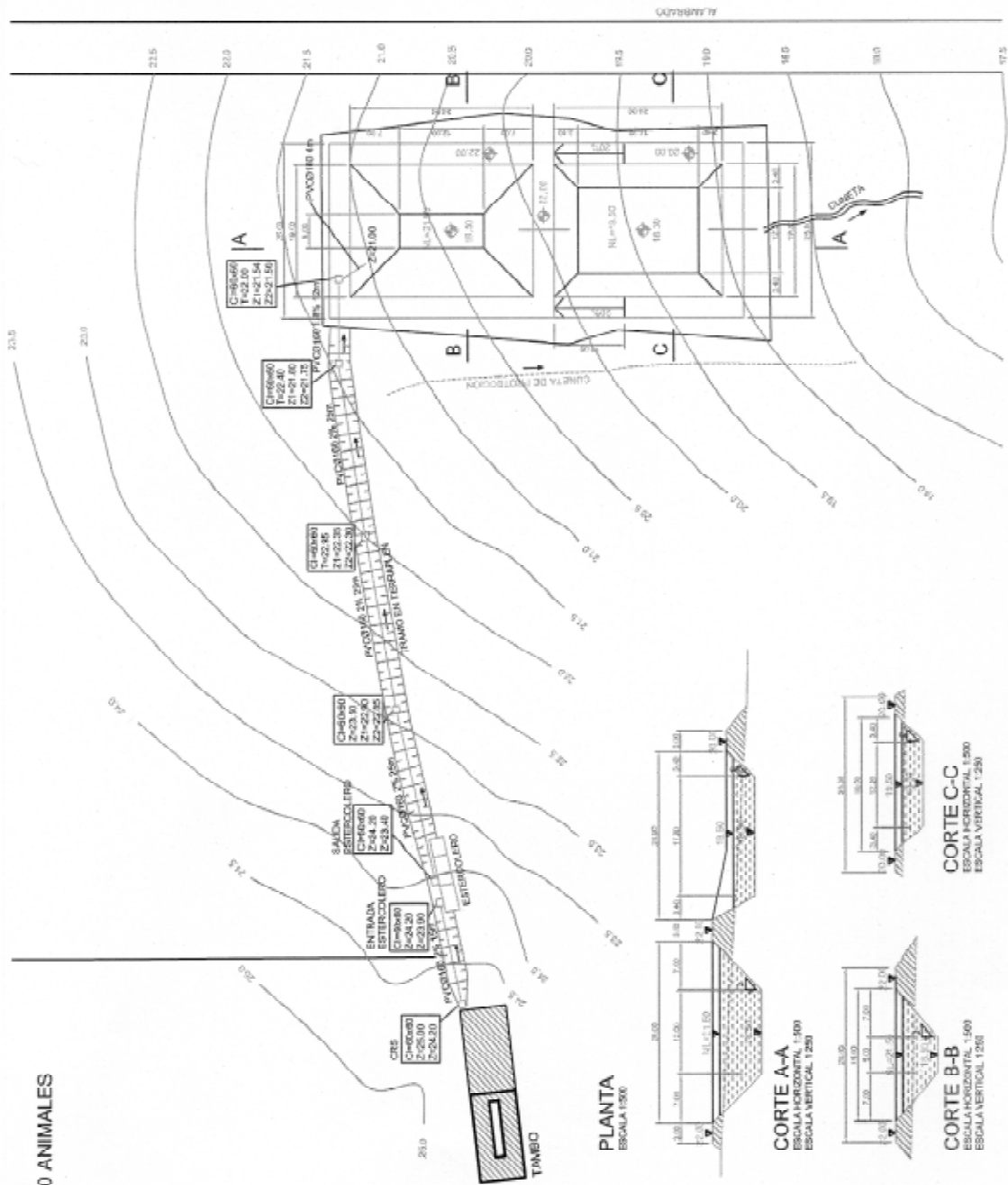
El plano 9 muestra el ejemplo para un tambo de 100 animales en ordeño, el plano 10 para 200, y el plano 11 para 300.

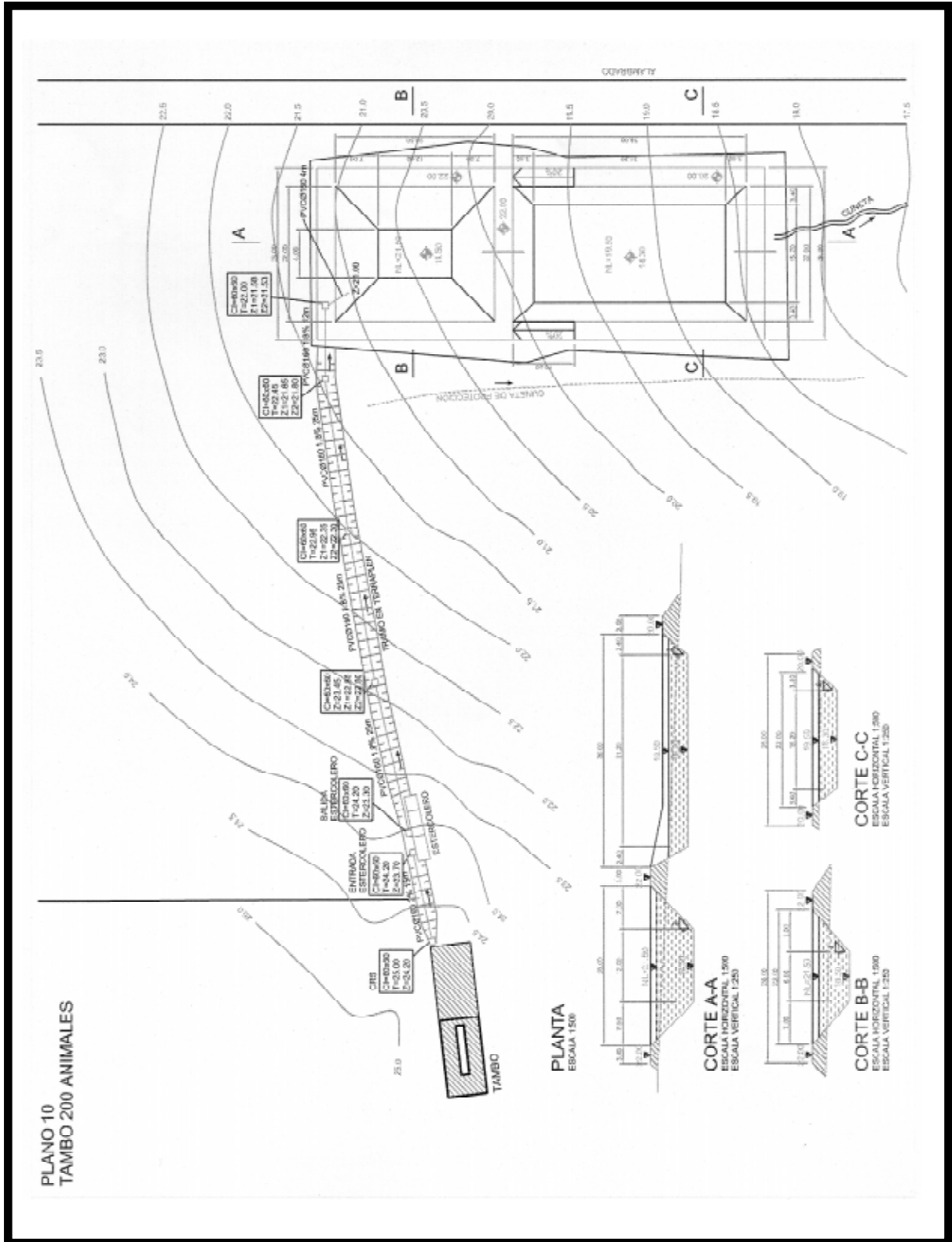
Guía de Diseño y Operación de Sistemas de Tratamiento de Efluentes de Tambo

En todos los casos la ubicación de la laguna debe considerar la compensación de los volúmenes de tierra usados para terraplenes y obtenidos de la excavación. De esta forma no sobraré material ni se requerirá aporte de material de otros sitios, abaratando la obra en forma importante.

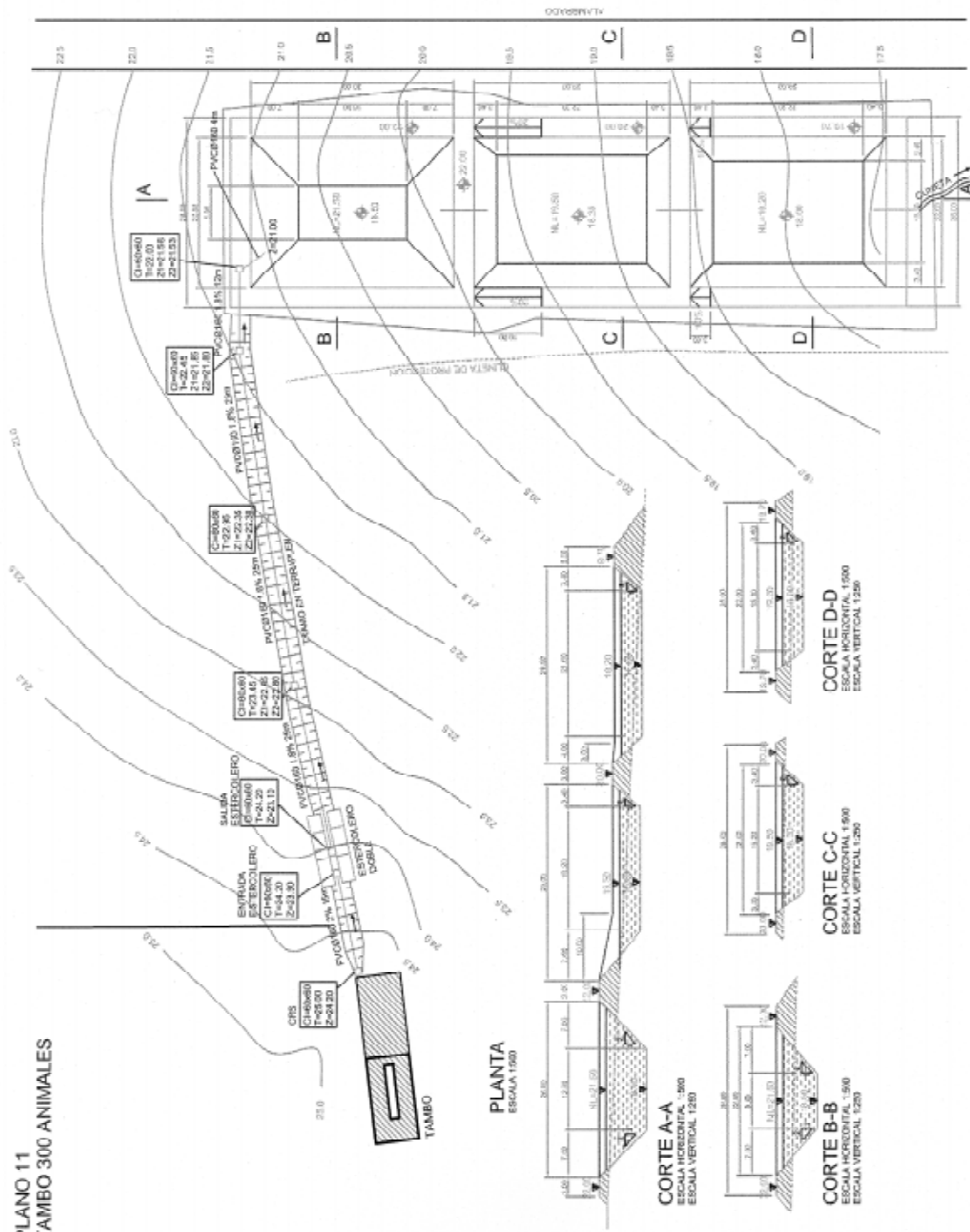


**PLANO 9
TAMBO 100 ANIMALES**





PLANO 11 TAMBO 300 ANIMALES



ANEXOS

ANEXO 1

MARCO CONCEPTUAL y ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL MARCO DEL CONVENIO

El Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente a través de la Dinama firmó un Convenio de Cooperación interinstitucional sobre Manejo de Residuos en Predios Lecheros conjuntamente con Conaprole, la Universidad de la República (Facultad de Veterinaria), el Consejo Técnico Profesional (UTU) de la ANEP, teniendo como entidades asociadas al MGAP, LATU y a las Gremiales de Productores.

El Convenio tuvo como objetivo general identificar la problemática asociada a las actividades productivas de los tambos respecto a la afectación del medio ambiente, sobre los recursos agua, aire y suelo, y su impacto en la salud humana y animal.

Como objetivo particular intenta promover una metodología de trabajo aplicable a cualquier proyecto de este tipo en el país.

Actividades Desarrolladas

Se creó un grupo de trabajo representado por cada una de las instituciones participantes.

Se estableció un análisis de situación referido al manejo de los residuos.

Se programaron talleres de difusión con la presentación del problema a los productores lecheros para su concientización, los cuales fueron realizados en los Departamentos de San José, Florida, Canelones y Colonia.

Se realizaron dos Seminarios Internacionales, con participación de técnicos de Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, y de Argentina y Brasil, con las consiguientes publicaciones.

Se elaboró, un programa de monitoreo de calidad de agua de abastecimiento de los predios lecheros. Se efectuó la una caracterización físico-químico, microbiológica y parasitológica de los residuos generados en la actividad lechera (sala de ordeño, corral de espera, sala de frío) ya que habitualmente esos residuos son vertidos directamente a campo abierto o a cursos de agua.

Esta última actividad se desarrolló en 22 tambos identificados para la evaluación de diferentes tratamientos de efluentes existentes en el país como lagunas, biodigestores, fosas sépticas y bombeo directo del crudo.

Como segunda etapa del proyecto y a consecuencia del diagnóstico de situación realizado, el grupo de trabajo se planteó contar con establecimientos pilotos demostrativos eficientes en su tratamiento de efluentes con la correspondiente caracterización físico-química, y riesgo microbiológico.

Se elaborará un manual de diseño y operación de sistemas de tratamientos de efluentes para tambos, dirigido a productores y técnicos.

Los establecimientos pilotos elegidos fueron:

- La Escuela de Lechería.
- Un establecimiento rural seleccionado por la ANPL
- Facultad de Veterinaria

ANEXO 2

TRABAJOS EJECUTADOS

PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE TAMBO REALIZADA EN LA ESCUELA DE LECHERÍA DE COLONIA SUIZA

La Planta de Tratamiento se diseñó para tratar el efluente del tambo de la Escuela de Lechería de Colonia Suiza, la cual tiene un promedio anual de 60 vacas en ordeño.

Es un tratamiento de tipo secundario, donde se realiza el tratamiento primario mediante una versión modificada del estercolero clásico, y posteriormente se trata biológicamente por medio de un sistema de lagunas. El efluente final deberá cumplir con los estándares de vertido a curso de agua según lo estipulado en el Decreto 253/79 y modificaciones, en referencia a los parámetros representativos a la carga orgánica.

La Planta de Tratamiento consta de un estercolero en donde quedan retenidos los sólidos sedimentables (bosta, en este caso) realizado en forma de vadenes para facilitar el retiro con tractor hacia una playa adyacente. Luego ingresa al sistema lagunar que posee un tiempo de retención hidráulica de 150 días y que consta de tres lagunas en serie, donde la primera es anaerobia, la segunda facultativa y la tercera aerobia; se previó en las conexiones entre lagunas una estructura capaz de regular la altura de las mismas, aumentando la capacidad de manejo de la planta según el desempeño bajo distintas condiciones externas.

Su diseño se realizó en base a la información existente, a las sugerencias del consultor Ing. Roger Wrigley (Australia), a bibliografía y a la propia información generada en este proyecto. Se priorizaron los aspectos relacionados a la facilidad de manejo, bajo costo de construcción, operación y mantenimiento.

Esto se traduce en la inexistencia de mecanismos (rotores, motores eléctricos, etc) y de partes móviles, que a entender de los involucrados aumentan en alguna medida los costos de instalación y generan gastos permanentes de operación y mantenimiento agregando dificultades y trabajo extra.

El diseño y cálculo fue realizado por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), conjuntamente con opiniones de los técnicos de la Escuela de Lechería (UTU), y construida con el apoyo de la maquinaria de la Intendencia Municipal de Colonia (IMC) en el transcurso del año 2000.

La metodología utilizada en el proceso de elección de la solución adoptada y en la implantación de la obra, se describe a continuación, conjuntamente con los encargados de los mismos:

1. relevamiento topográfico de la zona (DINAMA)
2. estudios geológicos (DINAMIGE)
3. análisis de alternativas (CONVENIO)

4. diseño de la Planta de tratamiento (DINAMA)
5. ejecución (IMC – DINAMA)
6. puesta en operación (UTU)
7. mantenimiento (UTU)

Esta metodología -sencilla en su concepción- es a nuestro parecer de especial importancia, dado que numerosos emprendimientos han fracasado por repetir sistemáticamente un proyecto estudiado para una situación en particular y no contemplar aspectos particulares como ser: topografía del terreno, tipo de producción lechera o de las instalaciones existentes.

Es así que se recomienda con especial atención cuidar los aspectos previos a la construcción de la Planta, que solo implican tiempo de reflexión y no gastos extras como a menudo se comenta.

A continuación se muestran fotos de las distintas unidades de tratamiento y detalles constructivos.



Tambo de la Escuela de Lechería



Predio donde se construyó la Planta de Tratamiento



Estercolero

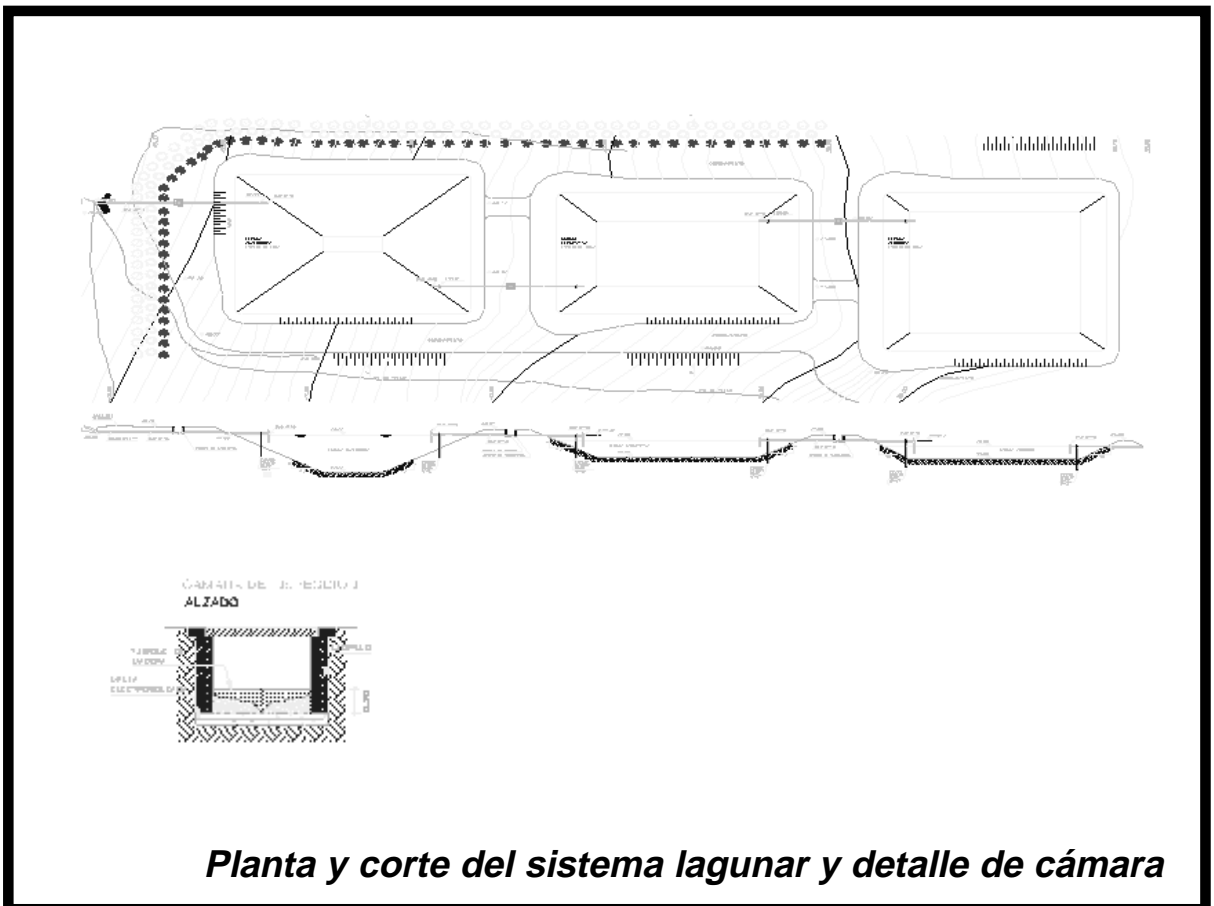








Final de obra de la tercer laguna (aerobia)



Planta y corte del sistema lagunar y detalle de cámara

ANEXO 3

TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN TAMBO DE LA CUENCA LECHERA

Ing. Marcelo Pittamiglio

A estos efectos se eligió un tambo propiedad del Sr. Klassen en Rafael Peraza, Dpto. de San José, seleccionado en acuerdo con la ANPL.

Las etapas de trabajo fueron:

- Recopilación de información del tambo y de trabajos efectuados.
- Relevamientos topográficos y estudios geológicos.
- Análisis de alternativas y análisis conjunto de las mismas con el productor, el MVOTMA y CONAPROLE.
- Realización del proyecto de ingeniería.

1. Recolección de información

Se analizó un gran número de casos concretos realizados para diferentes tambos y las publicaciones y congresos realizados en el país referentes al tema.

En particular es importante destacar la característica de este usuario, productor rural con escasos recursos para la operación del sistema de tratamiento. Surge, entonces, como fundamental analizar su infraestructura para operar el sistema. Por ejemplo, es imprescindible conocer con qué elementos contará el Propietario para remover estiércol retenido en las eventuales trampas a diseñar (estercolera, retroexcavadora).

Surge claramente la necesidad de instrumentar sistemas muy sencillos y sobredimensionados para que la operación de la Planta de Tratamiento se integre fácilmente a la operativa del Tambo.

Por esta última razón se proponen sistemas de lagunas dimensionados de tal forma que permitan acumular en el fondo de los mismos el estiércol generado por los trabajos de limpieza en las Playas de Ordeño.

Esta solución no impide realizar trampas para retener estiércol si este residuo se desea reutilizar en el Establecimiento, pero no obliga al Propietario a hacerlo si desea que su Sistema funcione adecuadamente. En definitiva, con la instalación de elementos de retención de sólidos, el Propietario alargará los períodos entre limpiezas de las lagunas.

Esta solución fue analizada con técnicos australianos que opinaron que los sólidos acumulados en el fondo aumentarán la impermeabilidad de la laguna minimizando los problemas de contaminación de acuíferos.

En forma adicional se proponen sistemas con un mínimo de dos lagunas para que se pueda realizar el vaciado de la primera de ellas y así realizar una adecuada limpieza mientras opera la otra. Estas lagunas deberán disponer de cañerías y cámaras con compuertas que permitan estas operaciones.

Es importante en esta etapa inicial analizar con el propietario el objetivo de su Sistema de Tratamiento. El primer objetivo deberá ser dar cumplimiento a las normas vigentes de vertido a curso de agua o infiltración al terreno. Sin embargo, puede tener como objetivo adicional reutilizar nutrientes, para lo cual es imprescindible diseñar trampas o utilizar el agua para riego. En último caso, se deberá analizar la ubicación de las lagunas para posibilitar el riego por gravedad.

2. Relevamientos Topográficos y Estudios Geológicos

A continuación de la búsqueda de información y análisis conjunto con el Propietario de los objetivos de su Sistema de Tratamiento, se deberá elegir el emplazamiento para el sistema de lagunas y realizar trabajos de campo referentes a :

Relevamiento topográfico

Se deberá realizar una planialtimetría a escala 1/200 con curvas de nivel cada 0,5 metros. Se ubicará la misma referida al tambo y se realizará un levantamiento que permita diseñar los conductos de descarga hasta la laguna. Deberán dejarse puntos fijos balizados y acotados para la etapa de obra. Se deberán materializar alambrados, caminos de acceso al tambo, pozos de agua y canalizaciones de aguas pluviales, entre otras cosas.

En caso del tambo del Sr. Klaassen, los trabajos fueron realizados por el Ing. Agr. Eduardo Peñalva (del MVOTMA).

Estudios Geológicos

En forma paralela se deberán realizar un mínimo de 2 cateos en la zona de ubicación de las lagunas para verificar la calidad de los materiales del subsuelo que deberán tener baja conductividad hidráulica, (K menores a 10^{-6} cm/segundo). Para ello deben ser arcillas con clasificación AASHTO A-7 o A-7-6. También se determinará la capa vegetal y la presencia de napas freáticas.

La profundidad de los cateos será de 3 metros como mínimo, o aquella que surja del prediseño del sistema.

En este caso, el trabajo fue realizado por el Geólogo Sergio Pena de DINAMIGE. Se informó que no se podía profundizar más de 1,5 metros para asegurar un metro de material impermeable antes de llegar a materiales con mayor permeabilidad que las recomendadas.

3. Análisis de alternativas

La alternativa propuesta incluyó :

- Trampas de gravilla a la salida del tambo.
- Sedimentador con 2 días de retención, aprovechando la estercolera que dispone el propietario.
- Laguna anaerobia con 2,5 metros de profundidad útil., máxima profundidad posible para cumplir con las exigencias de los estudios geológicos sin realizar aporte de materiales (por esta razón no se llega a 3,0 m).
- Laguna facultativa con 1,5 metros de profundidad útil.
- Tajamar al final que permite reutilizar el agua para riego y obtener material para compensar la falta de material de suelo para la obra.

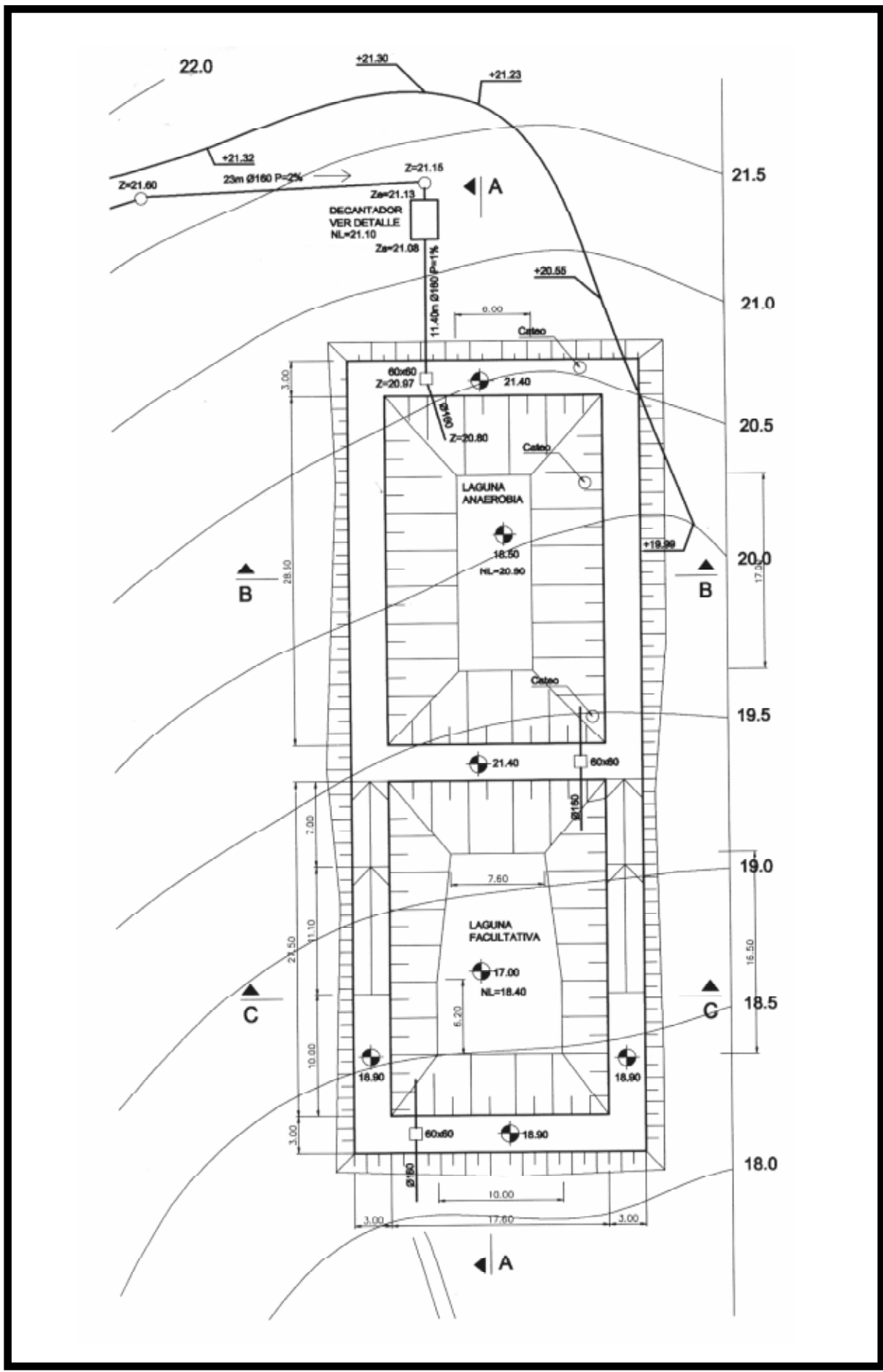
La laguna anaerobia tendrá capacidad para acumular residuos por cuatro años si no se opera el sedimentador para remover sólidos. Este plazo se duplica si esta unidad se opera. La laguna tiene un by-pass que permitirá vaciar la laguna anaerobia.

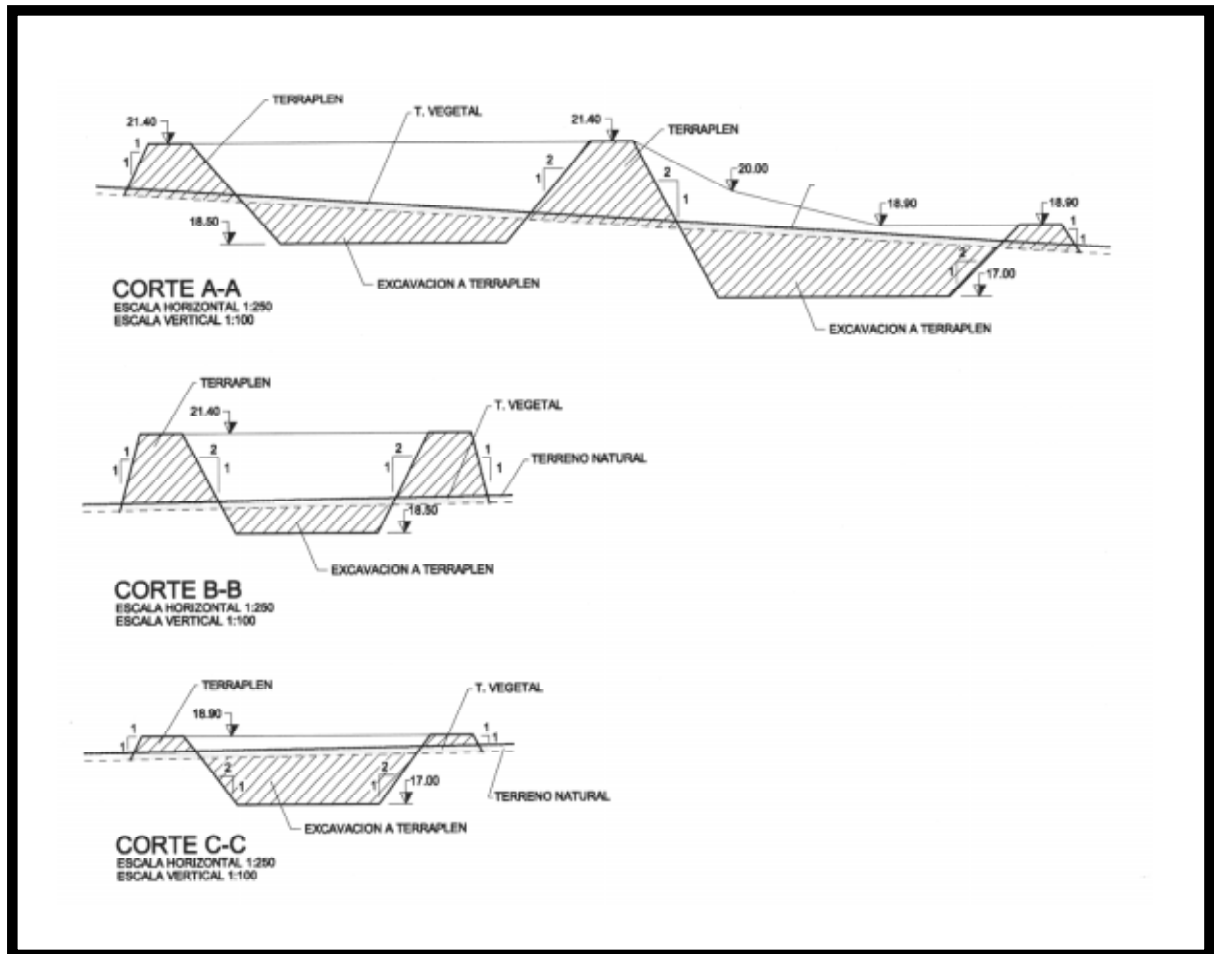
4. Diseño de Ingeniería

A partir de la solución propuesta se confeccionaron los planos constructivos para la ejecución de la obra. Es importante revestir las lagunas con tierra negra para favorecer el empastado y minimizar la erosión posterior a la obra.

Se contará con apoyo de la I.M. de San José para la ejecución de la Obra. El replanteo fue realizado por el Ing. Eduardo Peñalva.

Se adjuntan los planos respectivos.





ANEXO 4

PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE TAMBO DE LA FACULTAD DE VETERINARIA

La Facultad de Veterinaria eligió realizar el mejoramiento de las instalaciones del sistema de tratamiento al tambo escuela ubicado en la ruta 1 (próximo a la ciudad de Libertad, departamento de San José); con un promedio de 100 a 120 vacas en ordeño. Se decide rediseñar el sistema de tratamiento por ser un tambo modelo con fines educativos referente en la zona, ya que el sistema existente presentaba algunos problemas de funcionamiento y de operación.

Para ello se plantearon las siguientes etapas de trabajo:

- Recopilación de la información del tambo.
- Relevamiento de las estructuras existentes.
- Relevamiento topográfico y estudios geológicos
- Análisis de alternativas entre Facultad de Veterinaria, MVOTMA, Conaprole y el consultor Ing. Pittamiglio

Las alternativas planteadas fueron:

Pileta desarenadora y rejilla. La rejilla evitaría el pasaje de ración y así se protegerían las cañerías de desagüe que llevan el líquido a la planta de tratamiento.

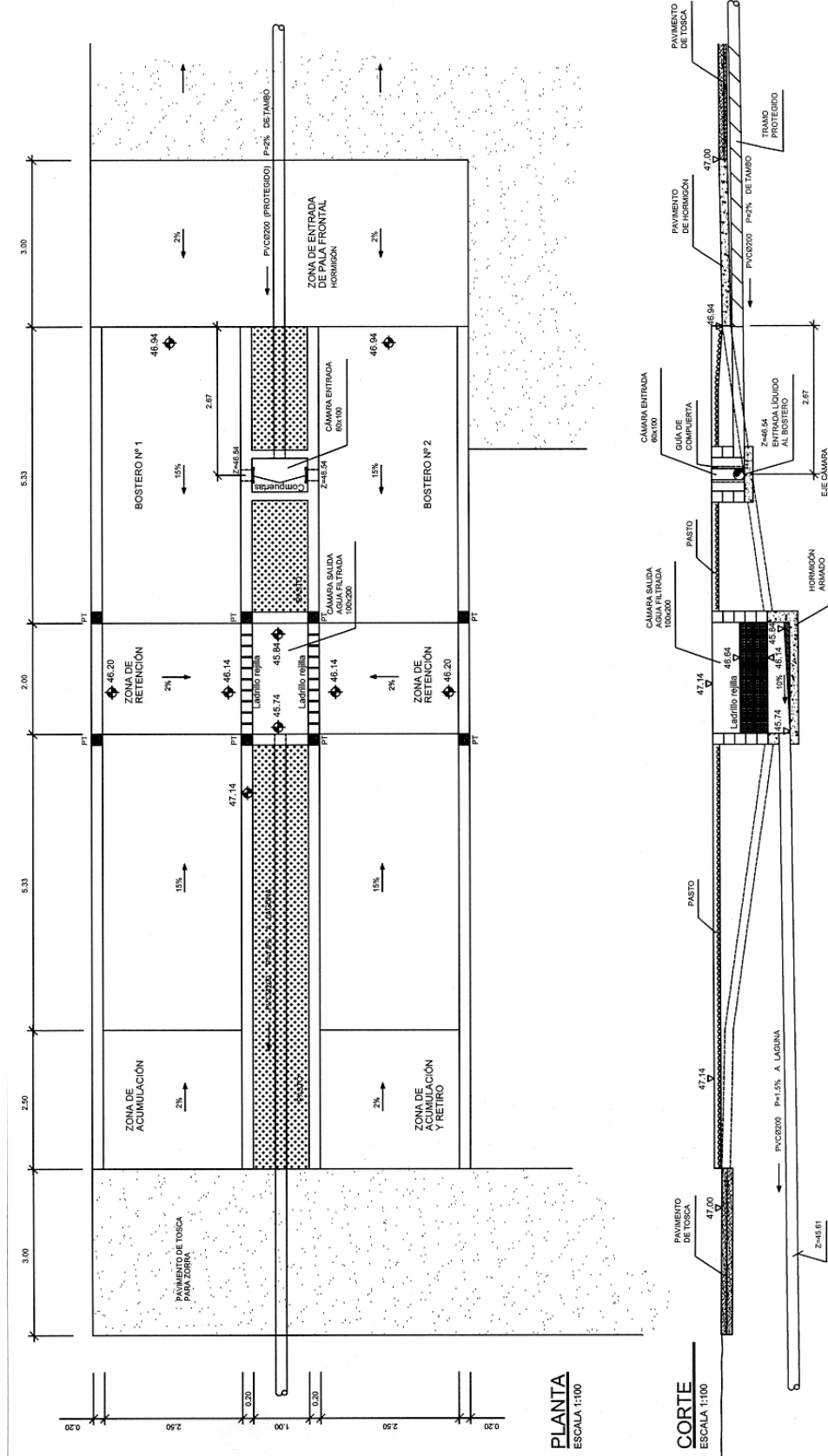
Estercoleros. Se diseñan dos unidades para operar con una de ellas, la restante está con el residuo deshidratándose. Se limpiarán con una pala frontal que descargue el residuo en el pavimento posterior para que se pueda retirar fácilmente luego de limpiar la unidad de tratamiento. Se diseñaron para limpiar cada 15-20 días aproximadamente.

Sistema lagunar. Luego ingresa a un sistema lagunar que posee un tiempo de retención hidráulica de 170 días y consta de tres lagunas:

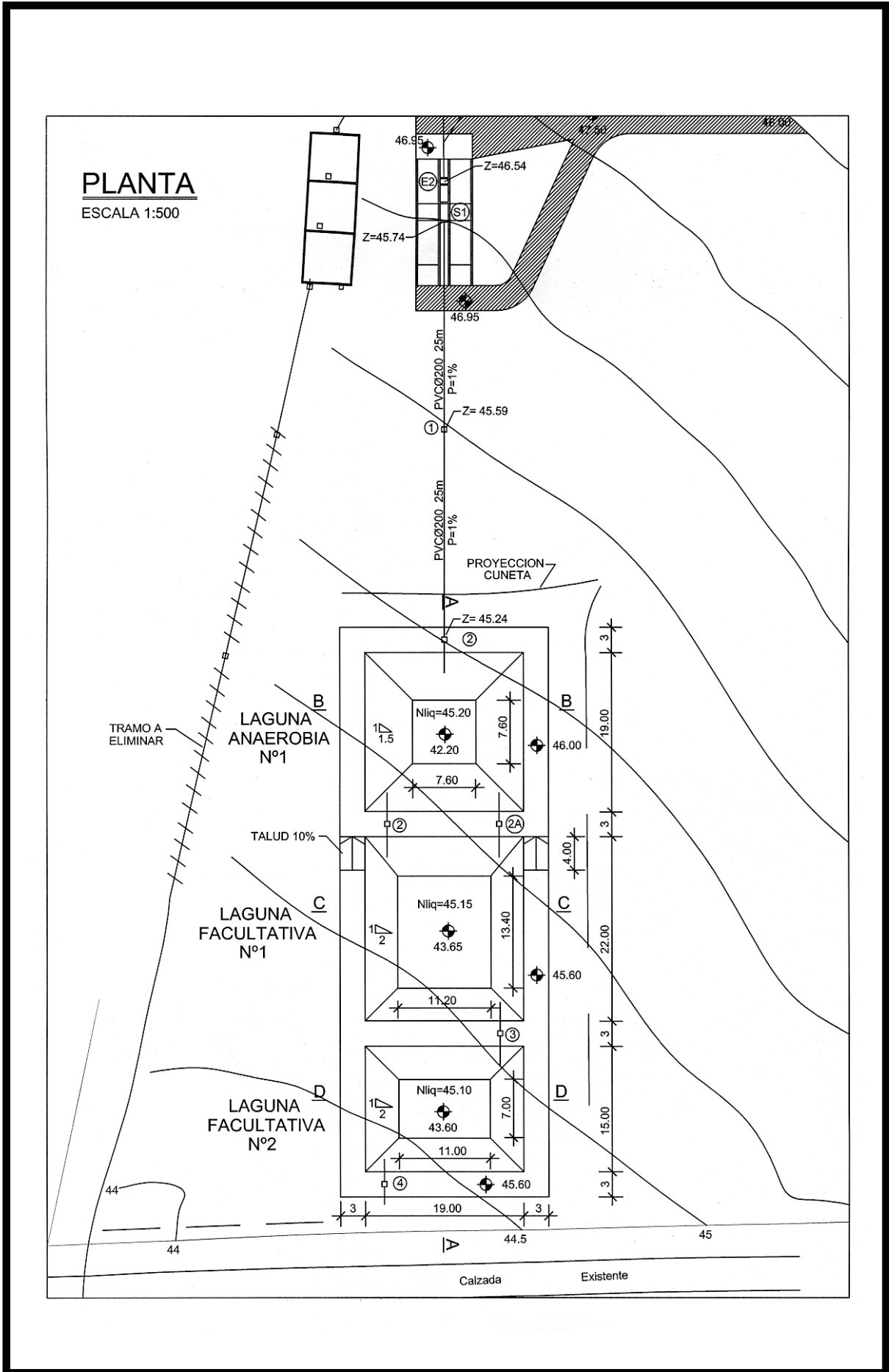
1. Laguna anaerobia
2. Laguna facultativa
3. Laguna facultativa

En el efluente final, la DBO_5 esperada es menor a 60 ppm en la salida de la laguna facultativa.

A partir de la solución planteada se confeccionaron los planos constructivos para la ejecución de obra, a cargo de la Universidad de la República. Se adjuntan planos.



Estercolero



ANEXO 5

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE

Las mediciones de numerosos factores del medio ambiente son un instrumento para asegurar el funcionamiento de un Sistema de Gestión Ambiental Nacional que permita proponer medidas para conservar, mejorar y prevenir los impactos de futuros emprendimientos en la calidad del ambiente. El Laboratorio de DINAMA selecciona, propone, aplica y difunde las mediciones analíticas ambientales necesarias, en busca de la mejor calidad del ambiente. Brinda el servicio analítico a las distintas Divisiones de la DINAMA, inherentes a las funciones de control de las emisiones y de la evaluación de la calidad ambiental.

Sistema de Gestión de Calidad Certificado ISO 9001: 2000

UNIT ha certificado el Sistema de Gestión de Calidad según la Norma UNIT -ISO 9001:2000 «Sistemas de Gestión de Calidad – Requisitos a nuestro laboratorio». El alcance del Sistema abarca la realización de análisis fisicoquímicos, instrumentales, microbiológicos y bioensayos de toxicidad en aguas, suelos, sedimentos, efluentes líquidos, desechos sólidos y aire que realiza el Laboratorio.

Esto convierte al Laboratorio de DINAMA en el único Laboratorio Ambiental del Estado que fuera Certificado.

Su Política de Calidad lo compromete a asegurar la confiabilidad y confidencialidad de los análisis que realiza, y buscar la mejora continua con el personal técnico con el perfil adecuado y capacitado para las actividades que desempeña.

Verifica la exactitud de los análisis en las diferentes matrices ambientales, participando en programas anuales de intercalibración con diferentes organizaciones mundiales, como la empresa *Aquacheck* del Reino Unido y del *Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente de la Oficina Panamericana de la Salud* (OPS) y la *World Meteorology Organization (WMO)* de Estados Unidos.

Organización

Actualmente analiza 54 parámetros en diferentes matrices ambientales: agua superficial, subterránea, de lluvia, playas, aire, suelo, sedimentos, efluentes líquidos industriales y domésticos, residuos sólidos industriales, lixiviados, PCBs, los que comprenden análisis fisicoquímicos, químicos, microbiológicos y análisis de ecotoxicidad, organizándose para ello en cuatro sectores.

Sector Análisis Instrumental

Cuenta con equipos de muy alta tecnología, así como de una sala acondicionada para análisis de metales trazas, como Cromo, Plomo, Mercurio, Cadmio, Cobre, Cinc, Níquel, Arsénico, Aluminio, de concentraciones tan bajas como para alcanzar los estándares aceptables para calidad del agua, aire, suelos y sedimentos. Se determina la carga de contaminantes tóxicos de emisiones líquidas y residuos sólidos industriales, además de los ya mencionados, de plata, selenio, bario, hierro, manganeso, y cianuro, entre otros.

Sector Microbiología

Se han desarrollado métodos analíticos, actualmente recomendados por organismos internacionales de vanguardia en análisis ambientales, para la determinación de indicadores microbiológicos de balneabilidad: Enterococos para aguas salobres y *Escherichia coli* para aguas dulces, así como los parámetros convencionales de Coliformes totales y termotolerantes (fecales). Se evalúa la contaminación patógena de las diferentes matrices ambientales a través del análisis de Coliformes totales y termotolerantes (fecales), *Streptococos* fecales, Enterococos, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*.

Sector Ecotoxicidad

Con el objetivo de detectar la ocurrencia o no de efecto tóxico sobre la biota acuática, en función de las interacciones que mezcla de sustancias químicas pueden producir, se implementan los bioensayos de toxicidad. Este Sector coordina e integra la Red Interinstitucional de Bioensayos de Toxicidad conformada por el LATU, el Laboratorio de Saneamiento de la IMM, y Facultad de Ciencias, a los efectos de formar una batería de bioensayos con organismos de diferentes niveles de la cadena trófica. El Laboratorio ha estandarizado los bioensayos con *Vibrio fischeri* por Sistema Microtox®, test que se aplica a efluentes líquidos, lixiviado de residuos sólidos, suelos y sedimentos.

Sector Físicoquímico

En sector Físicoquímico se evalúa la capacidad de autodepuración de la contaminación orgánica de las aguas, por medio del análisis de DBO₅ y DQO, así como el aporte de contaminación orgánica de los efluentes líquidos a los cursos de aguas. Se realiza la caracterización físicoquímica de los efluentes a través de los análisis de pH, conductividad, sólidos: totales, suspendidos y sedimentables; aceites y grasas, detergentes aniónicos, entre otros.

Para determinar la calidad del agua natural se realizan los análisis de los componentes inorgánicos mayoritarios: dureza, calcio, magnesio, silicato, alcalinidad, y nutrientes. Los nutrientes, (compuestos nitrogenados y de fósforo), los cuales son componentes naturales de las aguas, pueden conducir a la eutroficación de los cuerpos de aguas. La Red de Monitoreo de Aire es uno de los programas que se efectúan para establecer los estándares nacionales de Calidad de Aire, para el cual se determina la concentración de material particulado, total y menor a 10 micras, y los contaminantes presentes en el mismo.

Referencia Nacional en Análisis Ambientales

El Laboratorio de DINAMA es el laboratorio de referencia en análisis ambientales y establece, de acuerdo al Decreto 253/79 del Código de Aguas, los procedimientos analíticos a ser utilizados, para lo cual realiza la selección, puesta a punto y validación de los procedimientos analíticos adecuados para cada matriz ambiental. Algunos de estos procedimientos están publicados en el «**Manual de Procedimientos de Aguas y Efluentes Industriales**» y en el sitio web de la DINAMA, y serán actualizados en el corto plazo.

El Laboratorio, con el objetivo fundamental de apoyar la gestión ambiental de los gobiernos municipales del interior del país y para difundir y armonizar los procedimientos analíticos a nivel nacional, ha **Fortalecido a las Intendencias Municipales en Análisis Ambientales**. Este Programa fue creado con el objetivo de apoyar a los gobiernos municipales en las actividades de monitoreo de calidad de aguas y análisis de efluentes industriales como herramienta de rápida respuesta en casos de alerta ambiental, en forma descentralizada y cooperando a su vez en los programas de Evaluación y Control Ambiental de DINAMA.

El **Programa de Fortalecimiento a las Intendencias Municipales en Análisis Ambientales** contó con diferentes etapas siendo la primera de ellas la realización del relevamiento de la situación de los laboratorios municipales en esta temática a través de encuestas en donde se recopiló información relevante como: equipamiento disponible, personal técnico, análisis que realiza y que interesa desarrollar a corto plazo.

El fortalecimiento comprendió la capacitación y actualización para técnicos municipales en análisis ambientales en el laboratorio de DINAMA, así como de Talleres Técnicos que fueron realizados exclusivamente con los técnicos de los laboratorios municipales. A estas intendencias se otorgó el equipamiento en carácter de colaboración para complementar el ya existente en cada Laboratorio municipal, y así posibilitar el desarrollo de nuevas metodologías analíticas.

ANEXO 6

CONTROL DE LA CALIDAD DEL EFLUENTE

Una muestra periódica debe realizarse para estimar la eficiencia del sistema de tratamiento su seguimiento y se instrumenta mediante un monitoreo que deberá verificar el cumplimiento de la normativa vigente.

Los parámetros de control que se muestran en el cuadro deberá ser incluido en dicho programa de monitoreo de calidad de agua residual.

Abreviatura	Significado	Valor máximo
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno	60mg/l
SS	Sólido en suspensión	150mg/l.
Ph	acidez o alcalinidad	6-9
Amonio (como N)		5mg/l
Fósforo Total		1mg/l
Coliformes fecales	contaminación fecal	5000cf/100ml

ANEXO 7

MANEJO INTEGRAL DE LOS EFLUENTES EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN LECHERA SUSTENTABLE

Ing. Agr. Omar Casanova¹
omarcasa@fagro.edu.uy

Introducción

La consideración de un sistema de producción lechera sustentable, pensado en función un sector exportador atento a las cada vez más estrictas normas de seguridad alimentarias, obligan a realizar esfuerzos técnicos y económicos que aseguren su superación permanente. A futuro sería impensable una producción láctea que no atienda los máximos valores de calidad y productividad en concordancia con el mantenimiento de los recursos que le sustentan: suelo y agua.

Las pérdidas de la productividad del suelo, así como el deterioro de los recursos hídricos ponen en riesgo el principal bien de este tipo de producción: mejores condiciones de vida para el productor y su familia.

La existencia de una “Agricultura para la lechería”, la competencia de otros usos del suelo y la vulnerabilidad frente a las mayores presiones de producción sobre el recurso suelo, determinan la adopción de prácticas de manejo más amigables como la siembra directa y la reincorporación del componente orgánico a la matriz del suelo. El reciclaje de los materiales acumulados durante el ordeño puede ser una forma de recuperación y/o de detención del deterioro de las propiedades físico-químicas del suelo.

La producción lechera basa el consumo de agua en más del 90% de los productores, en fuentes de origen subterráneo, coincidiendo su utilización con la demanda realizada por el núcleo familiar del productor y de los asalariados que residen en el predio. Demás está decir la importancia cuantitativa y cualitativa de la conservación de este recurso, siendo necesaria su utilización eficiente, su recuperación si sufre modificaciones durante su uso, y sobre todo la seguridad de su inocuidad cuando reingresa al ciclo hidrológico.

Decisiones previas:

- 1) No existe el sistema para todas las situaciones. Cada productor deberá ser asesorado para definir su sistema de acuerdo a la mejor combinación de sus recursos físicos, económicos, humanos y ambientales.
- 2) Cualquier definición deberá incluir un enfoque integral que implica recepcionar los efluentes y darle un destino final ambientalmente amigable. Debemos definir dentro del sistema las condiciones que permiten bajar las descargas a través de: alimentación del ganado, utilización del recurso agua, condiciones de traslado, almacenamiento, posible tratamiento y deposición final.

3) La información referida a la dieta animal y sus consecuencias en las pérdidas de nutrientes hacia el efluente, así como la menor performance animal ha sido tratada por diferentes autores, existiendo elevada información al respecto.

4) La utilización del recurso agua en nuestro país debería preocuparnos, aún con los excelentes recursos hídricos que disponemos. Debemos recordar que el agua reproduce en volumen su propia contaminación. Cuanto más agua entra en el ciclo de los efluentes, mayor será la probabilidad de pérdida de calidad del recurso.

5) La producción lechera uruguaya es definida como pastoril siendo la proporción de heces y orina que pueden recolectarse baja (<20%). En la dirección contraria debemos ubicar la tendencia a un aumento de las vacas en producción en relación a la sala de ordeño. La concentración de la producción genera en las unidades de ordeño una mayor cantidad y permanencia de los animales en el entorno del corral de espera. En consecuencia se generará un aumento de la presión por unidad de área, produciendo mayor carga sobre el efluente y directamente sobre los recursos agua-suelo-atmósfera.

6) En la definición del tipo de sistema para manejar el efluente no debería dejarse a posteriori la deposición final del mismo. El sistema elegido obliga a definir que haremos con el producto final obtenido y a su vez deberíamos considerar previamente las posibilidades reales de realizar la deposición final. Para una afectación "aceptable" respecto a las pérdidas de calidad de suelo-agua-atmósfera, deberíamos saber que podemos hacer con lo que estamos concentrando, acumulando, transformando, "estabilizando" y al final trasladando para su deposición "final".

7) De acuerdo a las transformaciones que sufra el efluente previo a su aplicación podríamos definir 4 situaciones contrastantes:

- a) efluente fresco por retención de sólidos (cámaras sépticas, piletas de retención de sólidos, etc.).
- b) efluentes de laguna o cámara anaeróbica.
- c) efluente de laguna aeróbica o canales de tratamiento
- d) efluente tratado, con parámetros ambientales, físicos y químicos similares al agua superficial del predio.

Efluente de la Pileta de Retención de Sólidos

La pileta de retención sirve como almacenamiento intermedio del efluente antes de llegar a la laguna anaeróbica. El contenido de esta pileta se estratifica en tres capas, una inferior más densa que el agua, el "agua" como capa intermedia y una capa superior más liviana (flotante). La composición química (ver cuadro 1), muestra que su principal aporte en nutrientes es a través del N con un valor promedio de 1.1% en base seca. Los valores promedio para P y K son de 0.19 y 0.53% respectivamente. La

mayor variación la muestran P y K respecto a N en el aporte durante la secuencia de las 20 extracciones realizadas.

Es un material que por sus características químicas y su bajo contenido de materia seca, eleva el costo de utilización teniendo que transportar a la chacra volúmenes importantes de este efluente para poder obtener un aporte de nutrientes, principalmente N, que sea significativo.

La operativa del traslado no es sencilla, requiriendo de buena infraestructura principalmente de caminos y de maquinaria especialmente diseñada para este trabajo (estercolera). Este trabajo se torna más complejo en épocas más húmedas, otoño-invierno.

	% M.S	% N	% P	% K
Media	15.4	1.12	0.19	0.53
Desvío est:	2.36	0.20	0.06	0.14
Coef: var (%)	15.3	17.5	37.1	26.0

Cuadro 1– Caracterización del efluente de la pileta de retención de sólidos

Los resultados del cuadro fueron obtenidos del promedio de 20 determinaciones. Extraído del Informe - Proyecto de Validación BID-MGAYP "Reciclaje y uso productivo de efluentes de tambo».

Estos valores caracterizan a una pileta de 12 m³ con una frecuencia de extracción promedio de 18 días y un promedio de 200 vacas en ordeño. De acuerdo a los resultados obtenidos (cuadro 1) para este tipo de efluente el aporte de nutrientes cada 1000 lt es: 1.65 kg de N, 0.64 kg de P₂O₅ y 0.99 kg de K₂O. Para aplicaciones equivalentes a 50.000 lts/há estaríamos reciclando 7.700 kg/há de materia seca, 82.5 kg/há de nitrógeno, 32 kg/há de P₂O₅ y 49.5 kg/há de K₂O.

A priori estaríamos esperando un impacto importante en las propiedades químico-físicas y biológicas del suelo. Los resultados obtenidos para una secuencia de 3 años de verdeos raygras - sorgo, no mostró incrementos de rendimiento, habiéndose producido efectos negativos en aplicaciones en cobertura cuando se pretende usar como material para refertilizar. Las características físicas y químicas de este tipo de efluente con elevada relación C/N y la presencia de restos de material con degradación intermedia explican los resultados obtenidos. La aplicación del efluente sobre el cultivo en emergencia y/o luego del pastoreo crea una superficie compacta del residuo, que afecta negativamente el intercambio gaseoso y los procesos de transformación de los restos orgánicos a nivel del suelo. En consecuencia, a los procesos de inmovilización esperable por el tipo de estiércol debemos agregar la creación de un ambiente físico desfavorable.

La forma recomendable de aplicación de este tipo de efluente sería con anticipación al

cultivo (2 a 3 meses) y/o en áreas de recuperación de suelos que permitan esperar la evolución del material, siendo la incorporación en los primeros centímetros del suelo un manejo ineludible.

La utilización del efluente como sustrato en lombricultura implicaría un tratamiento previo de deshidratación. La existencia de rejillas de retención de sólidos o de una pileta complementaria de decantación sería imprescindible para este tipo de manejo. Similar recomendación se aplicaría cuando el destino intermedio sea la realización de compostaje y su utilización final como mejorador de suelo especialmente en producciones hortícolas.

Las actuales y futuras condiciones del costo energético hacen pensar en nuevas alternativas, por lo que existen actualmente prototipos de digestores de bajo costo que pueden llevar a un replanteo a nivel del predio lechero de la posibilidad de instalación de esta tecnología.

Debería retomarse la experiencia ya existente en el ámbito de Conaprole, década del 80, a cargo del Ing. Agr. W. Reyes y los trabajos posteriores de reciclaje realizados en conjunto con la Cátedra de Edafología de la Facultad de Agronomía (Silva, A. Et al 1992).

Efluente de Laguna Anaeróbica

Los resultados de análisis (cuadro 2), muestran un material evolucionado y casi estabilizado (C/N bajo), el cual al ser aplicado, no afectaría negativamente la disponibilidad sobre todo de N. Si bien su riqueza en este último es baja (< 1% base seca), los volúmenes elevados a ser agregados darán mayor relevancia al reciclaje de este nutriente. Los elevados niveles de materia seca también contribuirán a proporcionar un producto con alto aporte de N y K. La relación NPK de este producto es de 1- 0.39 – 2.36, fósforo como P_2O_5 y potasio como K_2O .

	% MS	% N	% P	% K	C/N
Media	31.36	0.89	0.15	1.74	14.73
Desvío est:	14.23	0.23	0.04	0.65	1.63
Coef: var (%)	45.37	25.55	27.13	37.16	11.07
Min.	14.49	0.56	0.08	1.33	11.92
Max.	63.67	1.27	0.22	3.50	17.13
Nº muestras	16	16	16	16	16

Cuadro 2 – Caracterización de la laguna anaeróbica

Extraído del informe - Proyecto de Validación BID-MGAYP "Reciclaje y uso productivo de efluentes de tambo»

En el cuadro 3 se observa la distribución en el perfil representativo de una laguna anaeróbica, el porcentaje de MS, N, P y K obtenido a partir del muestreo realizado durante la "limpieza realizada luego de 5 años de acumulación, mediante retroescavadora.

Prof: (m)	% MS	% N	% P	% K
0 – 0.75	19.10	1.10	0.15	1.48
0.75 - 1.2	22.00	1.03	0.15	1.44
1.2 – 2.2	31.90	0.80	0.12	1.41
2.2 – 3.5	22.00	1.07	0.15	1.38
Barrido	41.80	0.62	0.10	1.40
Limpieza	53.00	0.82	0.20	2.03
Volcado	32.50	0.79	0.15	3.30

Cuadro 3 – Distribución de nutrientes en el perfil de la laguna anaeróbica
Extraído del informe - Proyecto de Validación BID-MGAYP "Reciclaje y uso productivo de efluentes de tambo»

Como era esperable, los resultados obtenidos muestran una elevada variación, sobre todo en materia seca. Los niveles de nutrientes mostraron una variación menor, lo que permitió mediante un manejo adecuado de la secuencia de aplicación bajar la incidencia del factor materia seca.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este tipo de efluente el aporte de nutrientes cada 1000 lts es de 2.8 kg de N, 1.15 kg de P_2O_5 y 6.6 kg de K_2O . Para aplicaciones equivalentes a 88 m³/há estaríamos reciclando aproximadamente 30 toneladas/há de materia seca, 246 kg/há de N, 97 kg/há de P_2O_5 y 581 kg/há de K_2O .

Lo esperable sería un elevado impacto sobre las propiedades físico-químico y biológicas del suelo. La imposibilidad de aplicaciones a bajas dosis, aunado a la variabilidad del material extraído obliga a ser muy cuidadoso en el manejo para lograr una distribución lo más homogénea posible. La realización de un laboreo posterior que mejore la distribución evitando posible pérdidas hacia la atmósfera de nitrógeno y/o arrastre del material por erosión superficial sobre todo de fósforo, bajaría la variabilidad inicial.

Las elevadas cantidades aplicadas y las condiciones de distribución del material genera inicialmente elevadas condiciones de salinidad por lo cual es recomendable su incorporación anticipada respecto al cultivo y/o la instalación de cultivos con elevado crecimiento inicial, siendo importante incluir cultivos de baja sensibilidad a concentraciones iónicas elevadas (ejemplo sorgo forrajero).

Los resultados obtenidos para una secuencia sorgo - raygras durante tres años muestran ganancias en la productividad por hectárea del 15% para la dosis de 88m³ y 23%

para una dosis de 176 m³ (Casanova, O., Melo, R. Del Pino A., Duran A. sin publicar), con la inclusión de una dosis de 100 kg/há de urea en cada cultivo evaluado.

A los efectos anteriores, debemos agregar la importancia de realizar el reciclaje de la laguna anaeróbica cada 4-5 años de acuerdo a lo proyectado, todo lo cual hace de este tipo de efluente una excelente alternativa de reciclaje, siendo su presencia recomendable como componente del sistema seleccionado.

Efluente de Laguna y Canales Aeróbicos

Las condiciones físico-química y biológicas de este tipo de efluente permitiría la posibilidad de su reciclaje a través del riego, siendo su impacto sobre las propiedades del suelo a través su contenido en nutrientes y agua. Los efectos esperables, dependerán del contenido de NPK y la existencia de un sistema receptor (suelo-cultivo) que expresen en forma favorable el agregado conjunto de elevados niveles de agua y nutrientes (fertirriego).

El análisis puntual de la evolución de los principales elementos (figura 1) incluidos en el efluente a lo largo del sistema, denotan un comportamiento muy similar. La concentración de nitrógeno, fósforo y potasio sufren una disminución posterior a la laguna anaeróbica hasta el punto final del tratamiento, siendo el valor final obtenido, superior al nivel inicial del agua del pozo, para los tres elementos. Esto demuestra un enriquecimiento paulatino del cuerpo receptor final (tajamar). La llegada de aguas pluviales y la variación estacional de la dieta, son los principales factores que hacen variar los valores obtenidos.

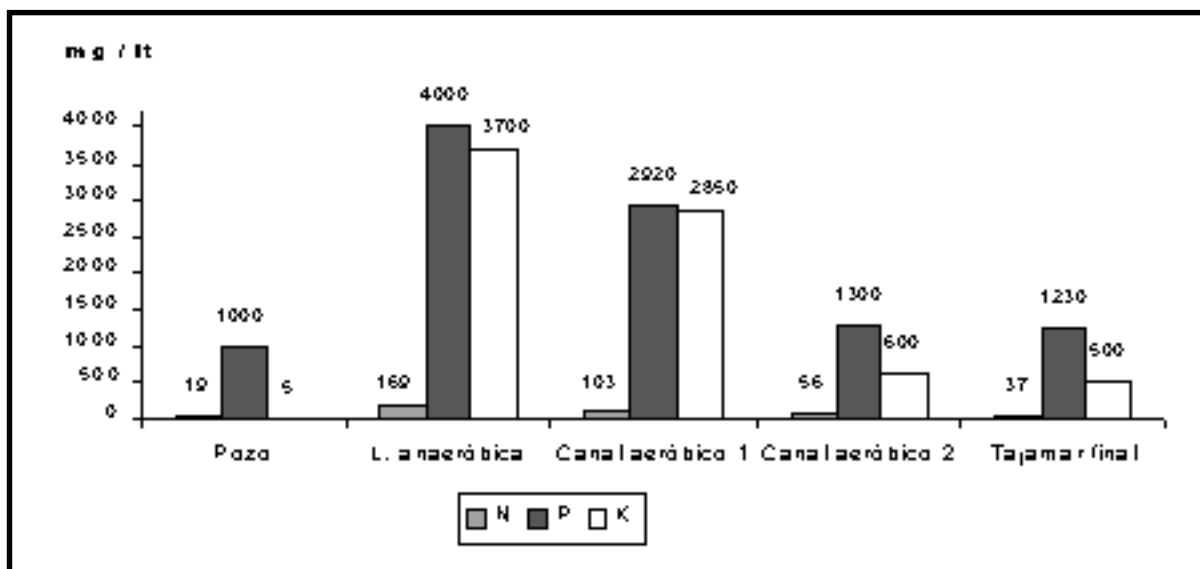


Figura 1 – Evolución de N-P-K en el sistema de tratamiento
Extraído del Informe - Proyecto de Validación BID-MGAYP «Reciclaje y uso productivo de efluentes de tambo»

El nitrógeno con predominancia de pérdidas gaseosas, igualmente llega al final del sistema en concentraciones que duplican el nivel inicial.

Los mecanismos de retención de sólidos (extraídos en la pileta de retención), y la elevada superficie de contacto del canal aeróbico (400 m), explicarían los niveles escasamente superiores del fósforo respecto al valor inicial.

La no-formación de estructuras orgánicas por parte del potasio y en consecuencia su elevada capacidad de permanecer en solución, explican los niveles finales 100 veces superiores respecto a los valores iniciales del agua de pozo.

El receptor final, con la introducción de aguas pluviales (efecto diluyente), no logró remediar la descarga originada por el sistema y en consecuencia se producirá una paulatina eutricación de éste.

Efluente Final del Sistema

En general este tipo de efluente debería reingresar a las fuentes superficiales de agua y/o subterráneas en condiciones similares a su receptor. Lamentablemente aún en sistemas bien dimensionados al final del trayecto del efluente podemos encontrar pequeñas concentraciones de elementos como N-P-K y otros iones, incluso partículas finas. Lo recomendable en esta situación sería la interposición de filtros biológicos como última barrera que asegure el reciclaje del recurso con la mínima afectación de la reserva. El propio suelo (zonas de anegamiento final) y/o la implantación de cultivos con elevada demanda hídrica serían la forma más segura de reciclaje en esta última etapa. Esto conlleva un costo adicional al sistema ya que demanda recursos de capital y mano de obra.

Recomendaciones Generales de Manejo del Efluente

- a) La definición del sistema de manejo de efluente no debe ser ajeno a las condiciones posteriores de reciclaje y/o deposición final. Existirán tantos posibles sistemas como unidades productivas haya.
- b) Como primer medida para bajar la carga del efluente, se lograría al retirar parte de los sólidos. Este material podrá ser utilizado incorporándolo a suelos desgastados, en lombricultura, compostaje, biodigestores. En el primer caso debería destinarse a áreas de recuperación de suelos y/o a cultivos a ser implantados luego de 2 a 3 meses desde la aplicación.
- c) Los materiales de las lagunas anaeróbicas han presentado excelentes resultados en aplicaciones a sistemas intensivos de producción en el propio predio (zona de verdes) a través de la sustentabilidad y mejora de las propiedades físico-química y biológicas del suelo. Los incrementos de producción y calidad del forraje, reafirman un comportamiento positivo en igual dirección.
- d) Los materiales de las lagunas aeróbicas y el efluente final deben considerarse más como aporte hídrico que nutricional. El manejo de elevadas aplicaciones de este efluente en cultivos de verano con elevada evapotranspiración, haría más relevante las cantidades de nutrientes recicladas.
- e) La incorporación de un sistema racional de tratamiento y de reutilización de los efluentes, permite bajar la presión sobre el recurso agua, mantener la productividad del suelo en áreas críticas, bajar la generación de emisiones hacia la atmósfera, la percolación hacia aguas profundas y/o el arrastre por erosión de los nutrientes y patógenos.

f) De la incorporación de cada productor a un sistema sustentable en el tratamiento de los efluentes dependerá la supervivencia de un entorno apropiado para lograr elevados estándares de calidad de producción y de su propia calidad de vida. La sumatoria de esfuerzos de los productores individuales, junto a la industria y todos los actores que influyen en el sector, serán la garantía de una producción lechera sustentable a nivel nacional y en sintonía con los mercados internacionales.

Agradecimientos

La mayor parte de la información manejada en la realización de este artículo se obtuvo a partir del Proyecto de Validación BID-MGAYP “Reciclaje y uso productivo de efluentes de tambo” bajo la dirección técnica de los Ing. Agr. Omar Casanova, Ricardo Mello, Amabelia del Pino, llevado adelante por el Tec. Agr. Aníbal Durán y la colaboración del propietario del predio Ing. Agr. Horario Leaniz integrante del grupo Crea Libertad – FUCREA (Responsable administrativo del Proyecto).

¹ Profesor Agregado de Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Dpto. de Suelos y Aguas. Facultad de Agronomía. Av. Garzón 780, Montevideo. UDELAR.

BIBLIOGRAFIA

- Australia. Department of Primary Industries. Environmental guidelines for Queensland dairy farmers. 1996.
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. Draft effluent management guidelines for dairy sheds. Australia, 1995.
- Fundación "La Caixa". Residuos ganaderos. Jornadas Técnicas. España, 1993.
- Metcalf & Eddy. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. McGraw Hill, México, 1998.
- MVOTMA, Conaprole, Facultad de Veterinaria. Guía para el tratamiento de efluentes en predios lecheros. Montevideo, 1999.
- MVOTMA, Conaprole, Facultad de Veterinaria. Seminario: Manejo integral del agua en predios lecheros e industriales lácteos. Montevideo, 1998.
- MVOTMA, Conaprole, Facultad de Veterinaria. Seminario Internacional de Medio Ambiente y Producción Lechera. Montevideo, 2000.
- New Zealand. Farm facts: Livestock improvement advisory. 1996 (Farm dairy management; 50).
- PRENADER. Programa piloto de manejo sostenible de recursos naturales en microcuencas dentro de la cuenca del Río Santa Lucía. Montevideo.
- PRENADER. Sistemas de tratamiento de efluentes de tambo en el programa de microcuencas piloto. Montevideo.
- Rolim Mendonça, Sérgio. Sistemas de lagunas de estabilización. McGraw Hill, Colombia, 2000.
- Seoáñez Calvo, M. Ingeniería medioambiental aplicada: casos prácticos. Mundi Prensa, Madrid, 1997.
- Wrigley, Roger. Environmentally friendly farming.
- Wrigley, R., Dennis, G. Dairy effluent guideline group - Initial performance assessment of dairy effluent management system for P. Medhurst, 1997.

Glosario

Abono orgánico:	conjunto de nutrientes de origen orgánico .Los mas importantes son el estiércol, las materias fecales, parte de los residuos sólidos urbanos, las aguas residuales y los abonos verdes.
Acuífero:	formación geológica que contiene agua aprovechable por el hombre.
Aerobio:	en presencia de oxígeno libre, empleado para describir las condiciones necesarias para el crecimiento de algunos tipos de bacterias.
Aireación:	hacer contacto íntimo entre aire y líquido.
Análisis bacteriológico:	control de bacterias patógenas.
Bacterias aeróbicas:	bacterias que requieren la presencia del el oxígeno libre para sus procesos metabólicos.
Bacterias anaeróbica:	son las que no requieren oxigeno para sus procesos metabólicos.
Bacterias facultativas:	son bacterias que pueden vivir y reproducirse tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas.
Calidad de agua:	característica física química y biológica en función de su uso.
Calidad del aire:	nivel de aproximación al óptimo de su composición y con un mínimo de sustancias extrañas.
Contaminación ambiental:	prencencia de sustancia ajenas a los componentes normales del medio ambiente.
Contaminacion de las aguas:	alteración de las aguas debida a la presencia de productos procedentes de la industria y de otras actividades humanas.
Contaminante:	sustancia ajena a un equilibrio ambiental, que se presenta en el medio ambiente como perturbador.
Contaminante orgánico del agua:	sustancia orgánica introducida en el medio acuático que provoca alteraciones en ese medio.
Control de calidad:	normas y operaciones para asegurar que el resultado de un proceso se ajuste a los criterios establecidos.

Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅):	corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada.
Demanda química de oxígeno(DQO):	es la cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte, en condiciones específicas de temperatura y tiempo.
Escorrentía:	caudal de agua que se escurre superficialmente procedente de precipitaciones.
Estandares de calidad de agua:	concentración máxima permitida de ciertas sustancias o elementos químicos en el agua, de forma que no sea nociva para el hombre o la vida acuática y que sea aprovechable para uso que de ella se quisiera hacer sin ningún riesgo.
Eutrofización:	aumento de nutrientes, especialmente de compuestos de fósforo y nitrógeno en las aguas. Puede tener su origen en aguas residuales, lavado de sustancias alimenticias y en la erosión del suelo.
Evaluación del impacto ambiental:	estudio de identificación, predicción y previsión de los efectos de una actuación antrópica sobre el medio ambiente y su posible minimización.
Evaporación:	cambio de sustancia de la fase sólida o líquida a la fase gaseosa o de vapor.
Evapotranspiración:	conversión del agua libre como humedal del suelo o de las plantas en vapor de agua que es cedido a la atmósfera.
Infiltración:	penetración vertical del agua en el suelo.
Laguna aeróbica:	deposito de depuración de aguas residuales basado en la degradación de la materia orgánica por microorganismos.
Laguna anaeróbica:	depósito de depuración de aguas residuales basada en fermentaciones y otros procesos en ausencia de oxígeno.
Laguna de estabilización:	termino genérico que se asocia al tratamiento biológico de líquidos residuales mediante lagunas.
Laguna Facultativa:	deposito de depuración de aguas residuales basada en el funcionamiento de su parte superior como laguna aerobia y en el de su parte inferior como laguna anaerobia.
Medio ambiente:	son las condiciones físico químicas y biológicas que rodean a un organismo.
Residuo solido:	material residual sólido procedente de las actividades

	urbanas, industriales ó agrarias.
Tratamiento anaerobio:	tratamiento usa organismos anaerobicos para reducir la materia organica de las aguas residuales.
Tratamiento de agua:	procedimiento para convertir en agua potable ó en agua utilizable para la industria ó la agricultura las que no son.
Tratamiento de desechos:	procedimientos ordenados a la reducción, eliminación ó elaboración y aprovechamiento, de productos residuales procedentes de la agroindustria.
Tratamiento de aguas residuales:	procesos a los que se someten las aguas residuales para reducir sus características no deseables hasta niveles aceptables para su aprovechamiento ó vertido.
Tratamiento previo de aguas:	pretratamiento a lo que es sometida un agua residual para eliminar los materiales gruesos que pudieran perjudicar la siguiente fase del tratamiento.
Vertido residual:	derrame de líquido contaminantes procedentes de actividades antrópicas.

Diseñado por:
Arq. Jorge Barcala
Lic. Claudia Mongiardino
Impreso en: