

Manual para el manejo de Efluentes de Tambo

Tambo

de Efluentes de

Manual para el manejo



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY



Uruguay, junio de 2008.

Manual para el manejo de
Efluentes de Tambo

Primera edición: junio de 2008. Montevideo, Uruguay.

Proyecto Producción Responsable - MGAP

18 de Julio 1496, primer piso

Tels.: (00 598 2) 402 63 34 / 402 63 24 / Fax: 402 63 35

Fundación Julio Ricaldoni - Facultad de Ingeniería - UdelaR

Herrera y Reissig 565

Tel.: (00 598 2) 711 44 78

Diseño y diagramación: Ana Laura Suescun

Fotografías: Producción Responsable - MGAP y Fundación Julio Ricaldoni

El presente manual es el resultado del trabajo de un equipo multidisciplinario, en el marco del acuerdo firmado entre el Proyecto Producción Responsable (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) y la Fundación Julio Ricaldoni (Facultad de Ingeniería, Universidad de la República).

Se basa en las experiencias prácticas de productores que han ejecutado obras de depuración de efluentes, entre los que se encuentran los proyectos prediales ejecutados con apoyo del PPR y con participación activa de gremiales de productores.

Coordinador:

Ing. Agr. Carlos Vassallo (Producción Responsable)

Elaboración técnica

Ing. Quím. María Soledad Gutiérrez (Fundación Ricaldoni)

Ing. Quím. María Noel Cabrera (Fundación Ricaldoni)

Ing. Quím. (M.Sc.) Alejandra Benítez (Fundación Ricaldoni)

Ing. Civil (Ph.D.) Alvaro Gutiérrez (Fundación Ricaldoni)

Revisión

Ing. Agr. Tania Liberoff

Ing. Agr. Marcela Justo

Corrección

Ing. Agr. Miguel A. Parrilla (Producción Responsable)

Soc. Valeria Berhau (Producción Responsable)

Ing. Agr. Santiago Larghero (Producción Responsable)

Agradecimientos:

Al Bach. Enzo Melani, por su entusiasta participación en los muestreos, análisis químicos y procesamiento de datos que permitieron mejorar las estimaciones elaboradas.

A los productores, que permitieron el muestreo reiterado en sus establecimientos.

A la Asociación de Productores Lecheros de San José (APL-San José), por las reuniones y el intercambio de ideas.

A INIA La Estanzuela, en especial al Ing. Agr. (Ph. D.) Alejandro Lamanna por las fructíferas discusiones y apoyo recibido.

Al Ing. Agr. Daniel Zorrilla por su valiosa participación en la coordinación de actividades.

Al Ing. Agr. Ricardo Inciarte por sus aportes e ideas en las etapas iniciales de este trabajo.

El presente trabajo es una herramienta que asiste al técnico en cuanto al manejo y tratamiento de las descargas de efluentes, con la intención de prevenir impactos ambientales adversos a los recursos naturales comprometidos. Para ello, le orienta en cómo reducir la descarga generada y en cómo realizar su disposición final.

Debido a la diversidad de sistemas productivos lecheros con que cuenta el país, el Proyecto Producción Responsable del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca entendió importante elaborar herramientas para asistir a los técnicos no especialistas del área, en el manejo y tratamiento de los efluentes del tambo.

En este sentido, y aprovechando la experiencia desarrollada en el tratamiento de aguas residuales de tambos, por investigadores de Facultad de Ingeniería, esta institución, a través de la Fundación Julio Ricaldoni, firmó con el Proyecto Producción Responsable un Convenio cuyo objetivo principal fue la elaboración del presente “Manual para el Manejo de Efluentes de Tambo”.

Es así como se conformó un equipo en el que trabajaron ingenieros agrónomos, civiles, químicos y de sistemas, que compartieron el lenguaje, la experiencia y las distintas visiones de la temática tratada, haciendo camino en la senda del trabajo multidisciplinario.

Se tomó como base la información generada en el marco del Proyecto INIA-FPTA 138 (“Estimación de los parámetros nacionales y básicos para el procesamiento y utilización de los residuos sólidos y líquidos de tambo”) y múltiples ensayos llevados a cabo en el marco de este Convenio. Con los datos recogidos, se elaboraron las pautas presentadas en este manual y en el software correspondiente, que permite el cálculo de volúmenes y dimensiones de sistemas de manejo y tratamiento de efluentes.

El denominado efluente de tambo está formado por heces, orina, barro, restos de leche y aguas pluviales, que se suman al agua de lavado. Se estima que en Uruguay se generan 4 litros de efluentes por cada litro de leche producida. Por lo tanto, si en 2008 se estima una producción total del orden de 1300 millones de litros de leche, la misma generaría unos 5200 millones de litros de efluente.

En los últimos años, la lechería de Uruguay presenta un crecimiento anual promedio de un 5 %. Por lo tanto es de esperar que tal volumen de efluentes generado presente la misma tendencia y con ella, los riesgos de contaminación de cursos de agua superficiales y aguas subterráneas para consumo humano y animal. Por otra parte, pueden perderse oportunidades de acceso a mercados o créditos internacionales en mejores condiciones que las actuales, al no tener resuelto el problema del manejo de efluentes.

La mayor parte de los tambos del país no separan manualmente los sólidos, antes del lavado de las instalaciones de ordeño. Es por esta razón que el presente manual se concentró en dar soluciones relacionadas con el esquema de lavado por arrastre con agua.

El primer eje con que se abordó el Manual fue considerar al efluente no como un material de desecho, como normalmente se hace hoy en la mayoría de los tambos,

sino como un elemento útil a las pasturas y a la vida del suelo. Se promueve la idea de incorporar el manejo de los efluentes en el conjunto de la actividad productiva y la gestión de los nutrientes en el predio. La devolución al suelo de los nutrientes contenidos en la excreta requiere de una política de distribución adecuada al suelo y a los cultivos presentes.

La mejor conjunción del manejo de efluentes con las demás actividades del tambo requiere de un registro sistemático de información del sistema productivo. Esta sistematización, segundo eje del trabajo, contribuye a mejorar la calidad de la producción y del producto, por ello es de suma importancia su adopción lo antes posible.

La síntesis de información y propuestas de soluciones conforman el tercer eje que se concreta en el Manual de Manejo de Efluentes de Tambo.

Esta primera versión del manual debe tomarse como una guía para los técnicos, que son los responsables de las obras que se ejecuten. La experiencia, la sana crítica y el contraste con la realidad hacen imprescindible el retorno de los usuarios para mejorar las propuestas o corregirlas si es necesario. En este sentido, se solicita que comentarios y sugerencias sean enviados a las siguientes direcciones: presponsable@mgap.gub.uy e iqtambos@fing.edu.uy.

A continuación una breve descripción de cómo fueron confeccionadas las Fichas Técnicas y que aspectos son presentados en cada una de ellas.

Generalidades

Objetivo

La presente serie de fichas tiene como objetivo global orientar a los diferentes actores en el manejo de efluentes de tambo.

La estructura en fichas, tiene el objetivo de facilitar la lectura y rápida difusión del tema de interés en particular sin necesidad de pasar por un manual.

Si bien cada una de estas fichas responde a una temática específica, muchos temas son abordados en más de una ficha. Esto se debe a que hay ciertos aspectos en el manejo de efluentes que impactan de manera diferente dependiendo de que tema se esté tratando.

Dentro de la temática de las fichas es posible diferenciar tres grupos con objetivos claramente diferentes. Estos objetivos son:

1. Información de base para el manejo de efluentes de tambos.
2. Proveer de lineamientos que ayuden a la hora de diseñar el sistema de manejo de efluentes utilizando el software “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo”.
3. Recomendaciones para la construcción, optimización y mantenimiento de los sistemas de manejo de efluentes.

Fichas

Se confeccionaron un total de 18 fichas, que se presentan agrupadas según los tres objetivos planteados:

Objetivo 1 **Información de base para el manejo de efluentes de tambos.**

Ficha 1: Porque es importante hacer un adecuado manejo de efluentes

Ficha 2: Opciones de manejo

Se presentan diferentes opciones de manejo de efluentes de tambo con sus ventajas y desventajas.

Ficha 3: Descripción de sistemas de Lagunas

Se describen brevemente las características principales de las lagunas de almacenamiento y de tratamiento parcial,

Ficha 4: Selección del Sistema de Manejo

Lineamientos para la selección del sistema de manejo de efluentes de tambo de acuerdo a los objetivos perseguidos por el productor y a las características particulares de su establecimiento.

Ficha 5: Qué significan los parámetros que caracterizan el efluente?

Descripción de cómo los distintos compuestos físicos y químicos que componen el efluente interactúan con el medio circundante, y como se caracterizan los mismos en el laboratorio.

Ficha 6: Caracterización y minimización de la descarga

Descripción de acciones sencillas que pueden adoptarse para minimizar la descarga y de esta manera obtener una mayor vida útil para los sistemas.

Objetivo 2:

Proveer de lineamientos que ayuden a la hora de diseñar el sistema de manejo de efluentes utilizando el software “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo”.

Ficha 7: Relevamiento de datos

Herramienta para la sistematización en la recolección de datos a la hora de visitar el predio y evaluar cada uno de los factores que influyen en la calidad ambiental del mismo.

Ficha 8: Matriz de riesgo

Ayuda a evaluar el riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, en función de las características del predio y de las opciones de manejo de efluentes disponibles.

Ficha 9: Instrucciones para la utilización del programa “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambos”

Pautas para la utilización del programa que permite dimensionar el sistema de manejo de efluentes.

Ficha 10: Estimación de volúmenes de agua vertidos al sistema de efluentes

Herramienta que permite estimar el volumen de agua que llega al sistema a diseñar.

Ficha 11: Aguas Pluviales

Estimación para la zona donde se encuentra ubicado el predio, del volumen de aguas pluviales a considerarse para el diseño del sistema de manejo.

Ficha 12: Evaporación del efluente del sistema

Estimación para la zona donde se encuentra el predio, del volumen de evaporación que debe ser considerado para el diseño del tratamiento de manejo.

Ficha 13: Calidad esperable del agua a la salida del sistema

Instructivo para la estimación del contenido de nutrientes a la salida de los distintos sistemas.

Objetivo 3:
Recomendaciones para la construcción, optimización y mantenimiento de los sistemas manejo de efluentes.

Ficha 14: Ubicación del sistema de manejo de efluentes

Consideraciones acerca del lugar de emplazamiento del sistema de almacenamiento o tratamiento de los efluentes del tambo.

Ficha 15: Caracterización del suelo del predio.

Permite obtener una caracterización del suelo donde se instalara el sistema de manejo de efluentes y su zona de influencia, en base a cartografía edafológica y ensayos a realizar. De esta manera se pueden tomar las medidas necesarias para evitar comprometer las aguas superficiales y/o subterráneas.

Ficha 16: Aspectos constructivos

Descripción de los aspectos que deben ser tenidos en cuenta para la construcción los sistemas.

Ficha 17: Supervisión de la obra civil

Supervisión de los aspectos que deben ser tenidos en cuenta durante la construcción de los sistemas.

Ficha 18: Operación y mantenimiento

Descripción de los aspectos que hacen a una adecuada operación y mantenimiento de los sistemas.

No realizar un adecuado manejo de los efluentes de tambo tiene efectos negativos en el corto, mediano y largo plazo. Estos efectos pueden clasificarse en efectos físicos, químicos, biológicos, sanitarios, económicos y sociales.

Generalidades

Los efluentes originados en las áreas de ordeño contienen excretas, orina y agua de lavado de las instalaciones, además de restos de leche, detergentes y otros productos químicos utilizados. Debido a ello, la composición del efluente es elevada en sólidos, nutrientes, materia orgánica y microorganismos que son capaces de degradar el medioambiente que reciba esta descarga (cuerpo de agua y/o suelo).

Hoy en día existe una mayor conciencia de la importancia del manejo de efluentes.

Paulatinamente, la comunidad ha comenzado a tomar conciencia en que si éstos no son manejados correctamente, los efluentes afectaran la calidad de aguas superficiales y subterráneos, de los suelos, y de la salud humana y animal.

Los ítems siguientes describen algunos efectos que surgen de un inadecuado manejo de los efluentes de tambo o la falta de manejo alguno.

Estos efectos se pueden clasificar en físicos, químicos, biológicos, sanitarios, sociales y económicos.

Efectos físicos adversos

Los sólidos sedimentados pueden alterar el color, la turbidez y la temperatura de un curso de agua. Esto incide en el ecosistema acuático así como deteriora el aspecto del curso. Los sólidos acumulados pueden obstruir el crecimiento de las plantas acuáticas. Los sólidos en suspensión, debido a la reducción en el pasaje de la luz solar reducen la fotosíntesis de las plantas. Favorecen la formación de un ambiente propicio para la proliferación de insectos y adverso para el crecimiento de los peces y demás animales acuáticos.

Efectos químicos adversos

Los agentes de limpieza y demás productos químicos utilizados en las instalaciones de ordeño pueden resultar tóxicos para ciertas plantas o animales acuáticos.

Por otro lado, el nitrógeno y fósforo favorecen el desarrollo de las plantas acuáticas y algas. Si este crecimiento es desmesurado, alterará todo el ecosistema acuático y deteriorará el aspecto del curso.

Efectos biológicos adversos

La materia orgánica requiere oxígeno para ser degradada en un curso de agua. El alto contenido orgánico favorece el crecimiento de bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la degradación de la materia orgánica, sería de otra forma, utilizado en el desarrollo de plantas y peces. Este cambio en el ecosistema, produce un cambio en la calidad del agua, eleva el pH de la misma y puede provocar la desaparición de peces y plantas.

Efectos sanitarios adversos

Las bacterias presentes en los desechos de los animales, contaminan el agua potable y pueden llegar a causar serias enfermedades al hombre o al ganado.

Altos niveles de nitratos en agua potable pueden provocar enfermedades, sobre todo en niños y ganado joven.

Efectos sociales adversos

La presencia de efluentes en los cursos de agua, así como la existencia de olores y moscas, provoca molestias con los vecinos del establecimiento y deja una

pobre impresión en los visitantes al establecimiento o a la zona. Deteriora seriamente la imagen “Natural” del país que es un valor fundamental para los operadores turísticos.

Efectos económicos adversos

La industria láctea en Uruguay, ubica a nuestro país como uno de los principales exportadores y consumidores de productos lácteos por habitante de América Latina. Todas las previsiones indican que esta industria continuará desarrollándose aceleradamente en el futuro mediano.

Una práctica que se está haciendo cada vez más frecuente a nivel de mercado internacional, es la de realizar el ciclo de vida del producto leche y la implementación de sistemas de gestión de calidad. El hecho de constatarse el no cumplimiento de los parámetros de calidad de producto o ambientales en el ciclo de vida del producto puede repercutir en el mediano plazo en la pérdida de mercados internacionales.

El buen manejo de los efluentes generados reducirá este impacto.

Consideraciones finales

El manejo adecuado de los residuos generados en el área de ordeño, reducirán los efectos adversos previamente mencionados.

Las actividades agrícolas deben verse como “limpias y verdes”. Compuestos que con visión conservadora se consideran desechos, se pueden considerar como “subproductos” de la actividad, que correctamente manejados pueden revalorarse y reutilizarse.

Para proteger los recursos naturales y la sustentabilidad de la producción, los sistemas deben ser correctamente diseñados, mantenidos y operados.

La elección de la alternativa óptima para el manejo de efluentes de cada predio en particular necesita de una cuidadosa planificación y puede requerir la asistencia de un técnico competente.

Breve discusión sobre las ventajas y desventajas de algunos de los sistemas de manejo de efluentes. Los sistemas considerados en este análisis son aquellos para los cuales existe experiencia en el país. Los sistemas de doble laguna con vertido directo a curso de agua, no han sido evaluados, ya que se consideran incompatibles con la normativa nacional.

Opciones de manejo de efluentes:

De acuerdo a cómo es realizada la limpieza de la sala de ordeño y corral de espera en el establecimiento se puede establecer una primera clasificación en el manejo de los efluentes.

- a. Separación de sólidos previo al lavado de los pisos. De esta forma se maneja una corriente sólida y otra líquida.
- b. Limpieza de las instalaciones por arrastre con agua. Manejo de una única corriente.

a) Separación de sólidos previa

Ventajas	Desventajas
Menor gasto de agua en la limpieza del corral y sala.	Mayor trabajo diario
Menor volumen de residuo generado.	Puede requerir maquinaria para manejo de sólidos
Mayor posibilidad de recuperación de los nutrientes	

La separación de sólidos en el lugar de origen es, en general, una política ambientalmente amigable, y debiera considerarse como primera estrategia.

Sin embargo, este tipo de sistema es empleado o elegido generalmente en rodeos pequeños, cuando existe un problema de disponibilidad de agua o en algunas ocasiones, por razones culturales (por ejemplo en comunidades de origen centro europeo).

b) Manejo de una única corriente

Es la opción encontrada más frecuentemente. Dentro de la misma podemos diferenciar dos sistemas:

1) Sistemas de aplicación al terreno:

- 1.1 Recolección y aplicación frecuente (riego directo)
- 1.2 Almacenamiento y distribución en terreno

2) Sistemas de tratamiento parcial:

- 2.1 Sistema de lagunas en serie con separación primaria de sólidos (pozo estercolero)
- 2.2 Sistema de lagunas en serie
- 2.3 Sistema de lagunas en serie con distribución a terreno de la salida
- 2.4 Sistema de lagunas y humedales en serie

1. Sistemas de aplicación al terreno

1.1. Recolección y aplicación frecuente (riego directo)

Involucra la recolección del efluente fresco en un pozo de bombeo de pequeño volumen (3-10 m³) y la aplicación diaria a terreno. Implica la utilización de un sistema de aplicación que consta de una bomba de sólidos, una línea de bombeo transportable (cañería) o red de líneas fijas y un sistema de aspersión.

Ventajas	Desventajas
Se evita manejo de grandes volúmenes de efluente	No hay posibilidad de acumulación, por lo que debe aplicarse a terreno independientemente de la condiciones de humedad del suelo.
Devolución al suelo de macronutrientes y micronutrientes	Es una tarea diaria adicional a la rutina habitual del tambo.
Exige obras civiles menores	Requiere potreros cercanos para el riego
	Riesgo de contaminación sanitaria mayor que en otros sistemas
	Necesita de un plan de contingencia en caso de que se rompa algún componente.

1.2. Almacenamiento y distribución en terreno

Implica la construcción de una laguna de almacenamiento y de un sistema de distribución a terreno.

De acuerdo a este último se pueden presentar diferentes configuraciones:

- Laguna de almacenamiento y bombeo del contenido de ésta con una frecuencia de algunos meses (mínimo 3 o 4), distribuyendo el efluente a terreno con criterios que dependen de la realidad del establecimiento (esta opción es la denominada en el programa “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambos” como “almacenamiento y vertido de líquidos y sólidos mezclados”).

Ventajas	Desventajas
Atención diaria mínima	Requiere maquinaria robusta para el manejo y distribución de sólidos cada pocos meses.
Cierta libertad para la elección de la fecha de vaciado	Requiere mano de obra disponible durante el período de distribución (para el cambio de lugar de vertido)
Disponibilidad de nutrientes en período de fertilización / re-fertilización	Al aumentar los meses de duración de acumulación, aumenta el volumen de la laguna.
Se evita el manejo de grandes volúmenes de sólidos	Alguna pérdida de nitrógeno por volatilización.
Degradación parcial del sólido a manejar	Se preserva gran parte del contenido de nutrientes del efluente
	Requiere de suelo impermeable para la construcción de las lagunas o acarrear material al predio para impermeabilizar (arcilla o membranas)

- b) Laguna de almacenamiento y bombeo o distribución por gravedad del sobrenadante con una frecuencia de algunos meses, distribuyendo el líquido a terreno. Bombeo del contenido de la laguna con una frecuencia mayor (años) distribuyendo el mismo a terreno.

Ventajas	Desventajas
Atención diaria mínima	Requiere mano de obra para distribución del líquido de la laguna cada pocos meses. (*)
Cierta libertad para la elección de la fecha de vaciado del líquido.	Duración del almacenamiento importante: Requiere de una laguna de mayores dimensiones.
Vaciado del sólido cada varios años	Mayor pérdida de nutrientes por almacenamiento que en la opción anterior (fundamentalmente N)
Disponibilidad de nutrientes en período de fertilización / re-fertilización	Frente a la opción anterior requiere menos frecuentemente de maquinaria robusta
	Requiere de suelo impermeable para la construcción de las lagunas o acarrear material al predio para impermeabilizar (arcilla o membranas)

(*) La mano de obra es necesaria eventualmente para prender/apagar la bomba y cambiar de lugar el aspersor del sistema de distribución de forma de no agregar una concentración excesiva de nutrientes (fundamentalmente N) en un solo punto. No implica una dedicación exclusiva en la tarea durante esos días.

2. Sistemas de tratamiento parcial

En estos sistemas continuos, el efluente entra a la primera laguna y sale parcialmente depurado al final de la segunda laguna.

2.1. Sistema de lagunas en serie con separación primaria de sólidos (pozo estercolero)

El pozo estercolero puede ser concebido para cumplir alguna de las siguientes dos funciones: reducir el volumen de lagunas posteriores por la remoción efectiva previa de sólidos, o recuperar en parte los nutrientes que se retienen en los sólidos y puedan colectarse y devolverse al campo como suplemento de fertilización.

Ventajas	Desventajas
La existencia de un sistema de separación primaria de sólidos permite disminuir el tamaño de las lagunas siguientes	La limpieza debe ser entre 7-15 días promedio (dependiendo del tamaño del pozo y del régimen de producción)
Se recupera la mayoría del contenido de nutrientes	Requiere mano de obra para la limpieza y maquinaria para el manejo de sólidos

2.2. Sistema de lagunas en serie

Consta de dos o más lagunas en serie.

La primera, más profunda que las siguientes, oficia como tanque séptico sin cobertura. La función principal es la sedimentación en el fondo de la laguna de gran parte de la fracción sólida del efluente, donde lentamente se biodegrada anaeróbicamente, reduciéndose considerablemente la carga orgánica. El efluente proveniente de esta laguna pasa a una segunda laguna, menos profunda donde el mecanismo de degradación es por vía facultativa. Se logra degradar un poco más la carga orgánica y la remoción parcial de N, así como una reducción parcial del contenido de patógenos.

Ventajas	Desventajas
Atención diaria mínima	La calidad del efluente a la salida no permite cumplir con la normativa para vertido a curso de agua (Decreto DINAMA 253/79)
Robusta	Más lagunas no solucionan los puntos anteriores.
En general, de dimensiones menores que las lagunas de almacenamiento.	No se recuperan los nutrientes, o se exportan con el efluente (si el mismo vierte a curso de agua) o se acumulan en zona de infiltración
	Requiere de suelo impermeable para la construcción de las lagunas o acarrear material al predio para impermeabilizar (arcilla o membranas)
	Se deben de vaciar cada 3-4 años. Manejo de importante cantidad de sólidos en estos períodos.

2.3. Sistema de lagunas en serie con distribución de la salida a terreno

Corresponde a un sistema similar al descrito en el punto anterior, pero a la salida de éste, se coloca un sistema de distribución que permita el tratamiento último del efluente por infiltración a terreno.

Ventajas	Desventajas
Atención diaria mínima	No se recuperan los nutrientes, se acumulan en zona de infiltración
Robusta	Requiere de suelo impermeable para la construcción de las lagunas o acarrear material al predio para impermeabilizar (arcilla o membranas)
En general, de dimensiones menores que las lagunas de almacenamiento.	Se deben de vaciar cada 3-4 años. Manejo de importante cantidad de sólidos en estos períodos.

A diferencia del sistema de lagunas en serie con salida puntual, este sistema eventualmente permite la preservación de las aguas subterráneas por adecuada infiltración a terreno.

2.4. Sistema de lagunas y humedales en serie

Ventajas	Desventajas
Atención diaria mínima	La primer laguna se debe vaciar cada 3-4 años. Manejo de importante cantidad de sólidos en estos períodos.
Robusto	Se utilizan los nutrientes para el crecimiento de plantas que generalmente no tienen interés productivo.
Permite una remoción mayor respecto a nitrógeno y patógenos que la que se obtiene a la salida de un sistema de lagunas.	Requiere de suelo impermeable para la construcción de las lagunas o acarrear material al predio para impermeabilizar (arcilla o membranas). Para los humedales artificiales se requiere del transporte de material para impermeabilizar y construir este
	Los humedales requieren cargas orgánicas y contenido de sólidos en suspensión reducidos a la entrada, aspecto difícil de obtener durante períodos de alta producción.
	Se deben de cortar las plantas del humedal y de esta forma se tiene otro residuo que manejar.
	Los humedales artificiales tienen un costo de inversión muy elevado

Los humedales, naturales o artificiales, se utilizan para remover nitrógeno y patógenos del efluente de salida de un sistema de lagunas en serie.

Se describen brevemente las características principales de las lagunas de almacenamiento y de tratamiento parcial.

Los sistemas pasivos de tratamientos de efluentes en general, fueron desarrollados en primera instancia para el tratamiento de aguas residuales domésticas. De esta forma la mayor parte de los estudios, han sido realizados con este tipo de efluente. Sin embargo, la información disponible para el tratamiento de efluentes de tambos es mucho menor.

Respecto al tipo de lagunas utilizadas para el manejo de efluentes de tambos, se pueden distinguir esencialmente dos tipos de sistemas.

Por un lado se encuentran las **lagunas llamadas de almacenamiento**, donde la función principal es retener el efluente un cierto periodo, para ser distribuido a terreno.

Por otro lado se encuentran, las **lagunas de tratamiento parcial**, donde el efluente es parcialmente degradado, bajando de esta forma la carga contaminante.

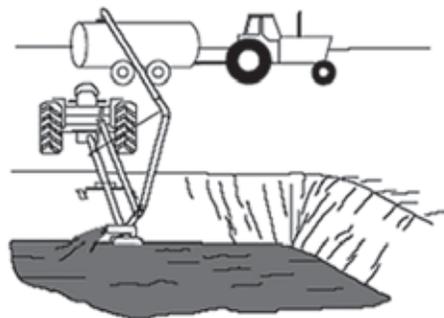
Lagunas de almacenamiento

Las lagunas de almacenamiento están concebidas con el fin de brindar flexibilidad en la época de aplicación del efluente a terreno (cuando las condiciones climáticas y del suelo sean favorables). La diferencia principal con las lagunas de tratamiento es que son lagunas donde el efluente queda retenido por un tiempo definido, y es removido de la misma, por medio de algún sistema de vaciado (bombas, estercoleras, gravedad, etc.). En el tiempo de almacenamiento, se logra una degradación parcial del efluente, a pesar de que estas lagunas no son concebidas con ese objetivo. Para el dimensionamiento de estas lagunas, se deben tener en cuenta los volúmenes generados de efluente en el período y el volumen de agua de lluvia que también llega a la laguna.

De acuerdo a como sea realizada la limpieza, se pueden subdividir en dos tipos de sistemas. La primera opción refiere a lagunas donde al cabo de un período de

meses se desagota solo el líquido sobrenadante, mediante el uso de la gravedad o con bombas de pequeño porte, y el sólido permanece acumulado por un período de tiempo mayor (generalmente 3-4 años).

La segunda opción, refiere a lagunas donde luego de un período de meses (predeterminado), se reutiliza el efluente completo, previo mezclado, siendo removido de la laguna por ejemplo con el empleo de bombas que manejen sólidos, acopladas éstas al tractor.



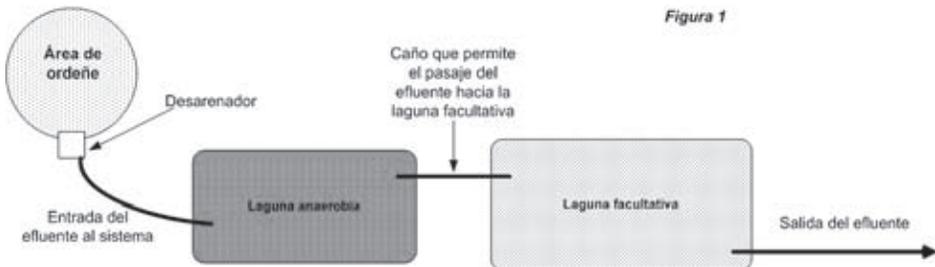
Lagunas de tratamiento parcial

Las lagunas de tratamiento, están clasificadas respecto al tipo de actividad biológica que es llevada a cabo en ellas. De esta forma, se puede distinguir cuatro tipos de lagunas: Anaeróbica, Facultativa, de Maduración (o aireadas naturalmente) y aeróbicas (o aireadas mecánicamente).

Los sistemas de **tratamiento con doble laguna** (una laguna anaerobia en serie con una laguna facultativa), han sido utilizados ampliamente en nuestro país.

Las lagunas (anaeróbicas y facultativas) tienen probada efectividad en la reducción de la contaminación potencial del

efluente (mediante la reducción de la carga orgánica), pero tienen un desempeño inadecuado en la remoción de nutrientes. La característica diferencial de estas lagunas respecto a las lagunas de almacenamiento, es que estas lagunas en serie operan con flujo en continuo. Esto significa que tienen entrada y salida; por lo que diariamente entra efluente a la laguna anaerobia proveniente del tambo (corral de espera y sala, lavado de ubres, maquina, tanques e instalaciones), y sale efluente tratado por la salida de la laguna facultativa. La **Figura 1** esquematiza la configuración de estas lagunas.



Lagunas anaerobias

Las lagunas anaerobias, se encuentran generalmente al principio de un sistema de tratamiento. Comúnmente son diseñadas entre 2.5 y 5 m de profundidad y para recibir una carga orgánica elevada (generalmente > 100 g DBO/m³ d). Funcionan como tanques sépticos abiertos, siendo su aplicación primaria la remoción de la carga orgánica (típicamente expresada en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)).

Esta remoción es realizada, en una acción combinada de sedimentación y degradación biológica del efluente por medio de bacterias, en ausencia de oxígeno.

En la **Figura 2** se muestran los procesos principales que ocurren en las lagunas anaerobias, que se describen a continuación:

- La materia orgánica factible de sedimentar, ocupará el fondo de la laguna donde se acumula y lentamente es digerida anaeróbicamente (proceso que necesita de temperaturas superiores a 15 °C).
- La materia orgánica de la fracción líquida del efluente es degradada anaeróbicamente. Estos procesos de degradación anaeróbica generan gases -fundamentalmente metano y anhídrido carbónico-, que al desprenderse, se observan en la superficie de la laguna como un burbujeo.
- Los compuestos nitrogenados producen amonio en la digestión anaeróbica, el cual puede eliminarse en caso que se den las condiciones necesarias para la transformación en amoniaco.

Lagunas Facultativas

Las lagunas facultativas, reciben las aguas residuales sedimentadas provenientes de las lagunas anaerobias. Estas lagunas están construidas en grandes áreas superficiales, con pequeñas profundidades (1 a 2 m).

La **Figura 3** esquematiza las funciones que tienen lugar en las lagunas facultativas. En las mismas, la capa de agua cercana a la superficie, tiene oxígeno disuelto introducido de la atmósfera (debido a la aeración natural) y oxígeno que proviene de la fotosíntesis de las algas. Esta situación permite, la existencia de organismos aerobios y facultativos.

En la capa inferior de la laguna, el oxígeno presente es prácticamente nulo, lo que permite el desarrollo de organismos anaerobios.

La presencia de algas es esencial para el funcionamiento de las lagunas facultativas. En presencia de luz de sol, las algas utilizan el anhídrido carbónico del agua produciendo oxígeno por fotosíntesis, el que es usado por las bacterias facultativas para la degradación del efluente.

Las lagunas facultativas permiten, a priori, la remoción de patógenos y nutrientes.

Los mecanismos principales para la remoción de patógenos, incluyen el tiempo y la temperatura de estadía en las lagunas en condiciones de pH elevadas y en presencia de luz solar.

La remoción de nitrógeno en estos sistemas, ocurre fundamentalmente por la formación de amonio y volatilización de este como amoníaco, además del consumo demandado por la formación de biomasa.

Hay que considerar que esta biomasa formada, aumentará la concentración de sólidos suspendidos volátiles del sistema. Por otro lado, debe considerarse que si bien, los compuestos nitrogenados estarán en una forma más biodegradable que los compuestos de partida, hay un 20% al menos de la biomasa algal, que no es biodegradable, la que al morir sedimentaría en el fondo de la laguna.

La remoción de fósforo en estos sistemas ocurre por sedimentación de P orgánico en la biomasa de algas muertas y del fósforo inorgánico por la formación de compuestos de baja solubilidad.

Figura 2. Procesos que ocurren en la laguna anaerobia

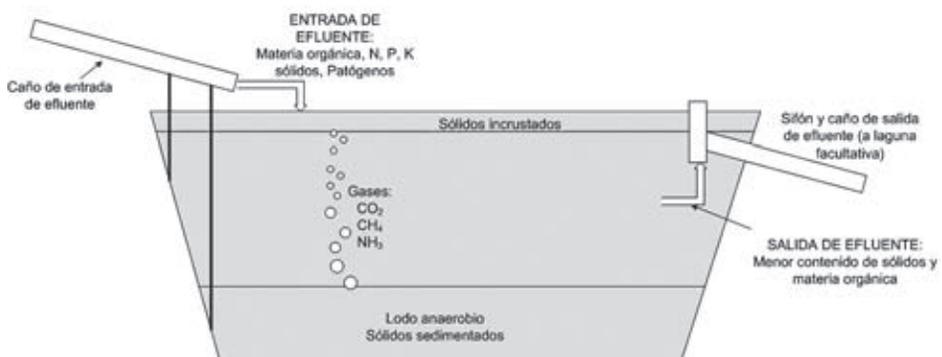
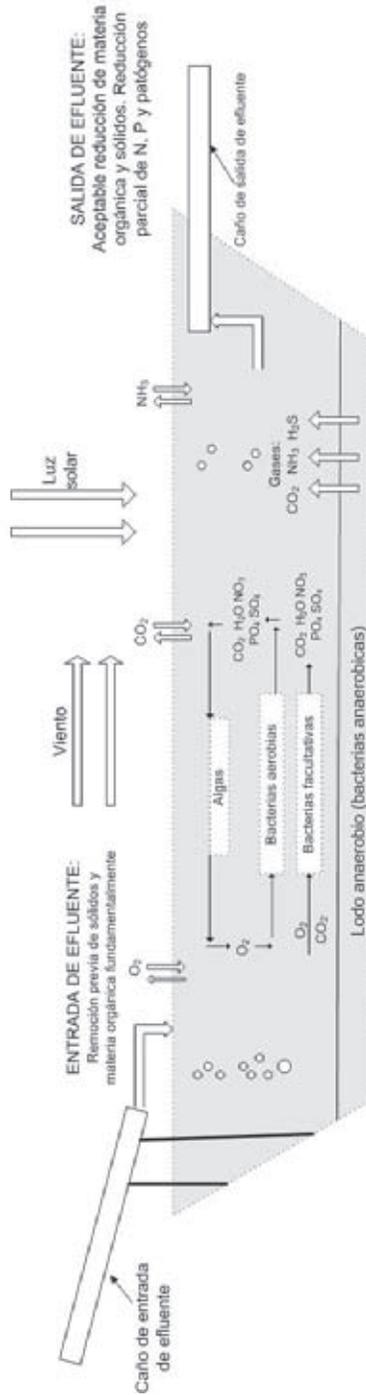


Figura 3. Procesos que ocurren en la laguna facultativa



Lineamientos a tener en cuenta a la hora de seleccionar el sistema de manejo de efluentes de un tambo.

El método de selección, si bien abarca aspectos a tener en cuenta en todos los tambos, está especialmente dirigido a aquellos que manejan una única corriente de líquidos y sólidos mezclados, ya que ésta es la metodología más usada. Los sistemas con separación previa de sólidos no son objeto de este trabajo.

Generalidades

En la selección del sistema más adecuado de manejo para los efluentes, se deben tener en cuenta varios aspectos, dentro de los que se destacan:

- Las reglamentaciones nacionales aplicables para emisiones.
- Las características de la zona
- Los costos de inversión y operación
- La necesidad de recursos humanos
- El mantenimiento que requiere
- Compromiso e interés del responsable

Dada la complejidad de los sistemas en muchas ocasiones se llega a soluciones diferentes dependiendo del aspecto que se priorice.

Elegir un sistema

Dado que no existe una única solución para el manejo de los efluentes, al momento de seleccionar el sistema de manejo se deben tener presentes las características particulares del predio y los objetivos fijados por el productor.

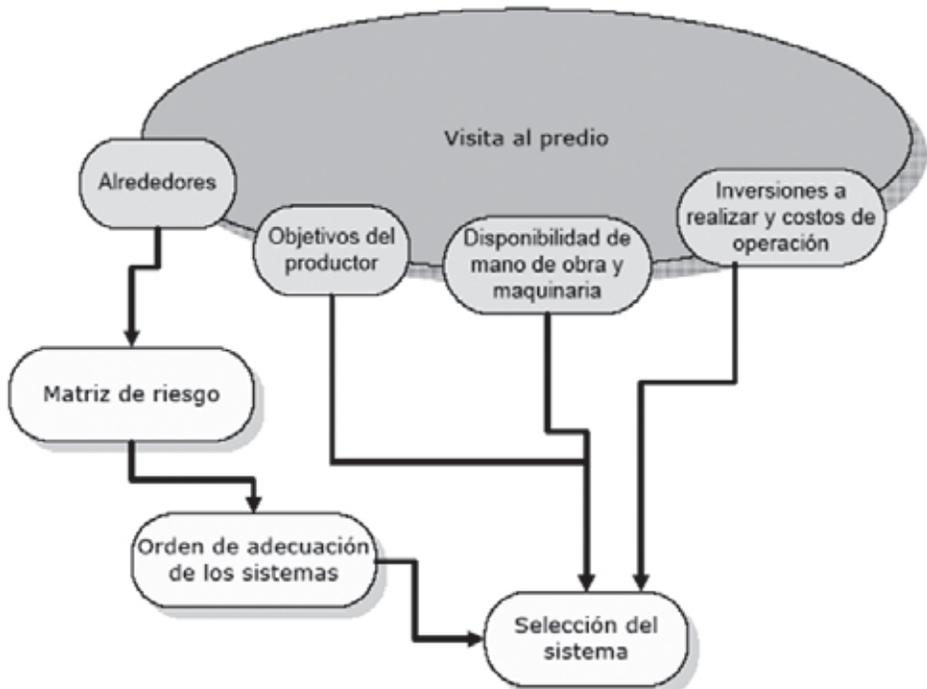
Como ayuda para considerar los aspectos relevantes a la hora de visitar el predio se ha confeccionado un Formulario para el relevamiento de datos y una ficha asociada (Relevamiento de datos).

Con toda la información del predio presente y los objetivos fijados, se debe:

- I. Evaluar las alternativas de acuerdo con el objetivo perseguido
- II. Evaluar las posibles soluciones en función de recursos económicos disponibles, costos, mano de obra, disponibilidad de maquinaria.
- III. Evaluar las opciones en función del impacto que las mismas tienen en las aguas superficiales y subterráneas del predio.

Estas etapas no pueden tomarse por separado sino que muchas veces las decisiones tomadas en una etapa podrán ser reconsideradas en la siguiente.

En el **Esquema 1** se muestra gráficamente este proceso de selección.



Esquema 1 - Pasos para la selección de sistemas

I. Evaluar las alternativas de acuerdo con el objetivo perseguido

Históricamente, los objetivos en el manejo de efluentes de tambo han ido evolucionando, de modo que es posible fijarse objetivos tan complejos como se quiera. La Tabla 1 ilustra objetivos razonables a fijarse en este marco, sin perjuicio de que puedan proponerse otros objetivos en predios particulares. Ejemplos de otros objetivos pueden ser: minimizar el riesgo sanitario, reducir la emisión de gases de efecto invernadero, etc..

Dado el objetivo, es deseable saber cuál sistema es más adecuado para conseguirlo y así establecer un ordenamiento general, de las alternativas de manejo posibles.

En esta tabla se ilustra el grado de adecuación de los sistemas de manejo de efluentes más comúnmente utilizados con estos objetivos.

Tabla 1 - Adecuación de los sistemas respecto a los objetivos propuestos

Objetivo	Tratamiento parcial con doble laguna	Almacenamiento con vertido de sobrenadante	Almacenamiento con vertido de licor mezclado	Riego directo
Deshacerse del agua y del barro de en los alrededores del tambo	+++	+++	+++	+++
Mitigar efectos adversos en aguas superficiales y subterráneas	++	+++	+++	+
Preservar la calidad de suelos a largo plazo	+	+++	+++	+++
Gestionar el predio de manera integral con énfasis en los balances de nutrientes	-	+++	+++	++

+++ Muy adecuado ++ Adecuado + Poco adecuado - Inadecuado

Para el objetivo de *“deshacerse del agua en los alrededores del tambo”* todos los sistemas cumplen ampliamente este objetivo.

Cuando el objetivo fijado es **la mitigación de efectos adversos en aguas superficiales y subterráneas** se valora, en una perspectiva general, que el riego directo del efluente “crudo” cumple más pobremente el objetivo planteado, dado que, por las características de aplicación del mismo, no puede evitarse el vertido en condiciones climáticas adversas.

Los sistemas de almacenamiento y distribución a terreno, cumplen eficientemente el objetivo planteado, mientras que los sistemas de doble laguna lo cumplen solo parcialmente. Esto se debe a que en el sistema de doble laguna existe una salida continua y no controlable que puede afectar aguas superficiales y subterráneas.

Si el objetivo planteado es **“Preservación del recurso suelo”**, tanto los siste-

mas de almacenamiento como de riego directo, cumplen eficientemente este propósito. En el sistema de doble laguna los nutrientes se concentran en la zona de infiltración.

El objetivo de **“Gestionar el predio de manera integral con énfasis en los balances de nutrientes”** se basa en el comportamiento de los suelos productivos, como procesadores de los desechos.

Este objetivo considera la devolución al terreno de los macro y micro nutrientes con el efluente, favoreciendo el aumento de productividad por hectárea y preservando fundamentalmente la sustentabilidad de la actividad.

En cuanto a la devolución de nutrientes al terreno y la depuración del efluente por parte del suelo productivo, se tiene que la doble laguna no cumple con ninguno de estos objetivos.

El riego directo cumple parcialmente ambos objetivos pues no es posible decidir la oportunidad de vertido.

El objetivo de “**Gestionar el predio de manera integral con énfasis en los balances de nutrientes**” contiene todos los demás objetivos. Por lo que se pueden ver que desde el punto de vista de preservación de aguas superficiales y subterráneas y de la preservación de la fertilidad de los suelos a largo plazo, los sistemas de almacenamiento y distribución controlada a terreno son los más adecuados.

II. Evaluar las posibles soluciones en función de recursos económicos disponibles, costos, mano de obra, disponibilidad de maquinaria

Los requerimientos de inversión inicial, costos de operación, mano de obra y maquinaria no se ven demasiado afectados por las características del predio sino que dependen fundamentalmente del sistema de manejo en consideración. En la Tabla 2 se presentan los requerimientos de cada tipo de sistema.

Tabla 2 - Requerimientos de los sistemas en función de las variables analizadas

Requerimientos	Tratamiento parcial con doble laguna	Almacenamiento con vertido de sobrenadante	Almacenamiento con vertido de licor mezclado	Riego directo
Mano de obra	-	++	++	++
Obra civil	++	+	+	-
Instalaciones complementarias	+	+	+	++
Maquinaria de uso frecuente	-	+	++	++
Maquinaria de limpieza esporádica	++	++	-	-
Costos de Operación	-	+	++	++
Costos de Mantenimiento	+	+	++	++
Costos de Limpieza de fondo	++	++	-	-

- Muy pocos requerimientos + Pocos requerimientos ++ Requerimientos

La necesidad de **mano de obra** está asociada a la distribución del efluente, al requerir rotarse el área de descarga del sistema. En cuanto al sistema de doble laguna, se asume que existe un tratamiento complementario a la salida y que el mismo permite la descarga controlada en condiciones adecuadas. Igualmente se requiere una rotación de la zona de descarga para vertido a terreno.

Los requerimientos de **obra civil** se asocian fundamentalmente con el volumen de laguna(s) a construir, o en el caso de riego directo, con la construc-

ción de un pozo de bombeo. Dependerán de la obra civil a realizar y de los equipos a comprar inicialmente.

Las **instalaciones complementarias** son las requeridas para la distribución del efluente, como conductos, cañerías o canales para los almacenamientos o el riego directo. Dependiendo de cual sea el método de distribución elegido, serán necesarios o no. En la Tabla 2 se consideró necesario, en la hipótesis de una distribución con bombeo y aspersión. Para el caso de la doble laguna, las insta-

laciones complementarias que se requieren son para la distribución de manera controlada en el terreno. Si se deseara aplicar un tratamiento terciario que permitiera llegar a calidad aceptable para cursos de agua, también debería incluirse en este ítem. (por ejemplo sistemas con aireación forzada y/o secuenciales) En la tabla 2 se asume que se distribuye a terreno.

La necesidad de **maquinaria de uso frecuente** se relaciona con los equipos de bombeo que se emplean en la operación frecuente. El riego directo y el almacenamiento con vertido de licor mezclado, requieren equipos para el bombeo de líquidos con sólidos en suspensión, más robusto que el equipo de bombeo de sobrenadante. En la Tabla 2, se asume que el vertido de sobrenadante se realiza por bombeo, aunque el mismo pudiera distribuirse por gravedad.

La necesidad de **maquinaria de limpieza esporádica** se relaciona con las limpiezas de fondo de las lagunas. Esta operación requiere maquinaria de porte importante, que suele alquilarse o compartirse, pues su empleo no tiene por qué ser frecuente en el tambo.

Los **costos de operación** se refieren al gasto de energía para operar los sistemas. En la Tabla 2 se asume que el vertido de sobrenadante se realiza por bombeo, aunque podría desagotarse por gravedad.

Los **costos de mantenimiento** se refieren al mantenimiento de taludes y alrededores de lagunas, de las cañerías y conductos y del equipo de bombeo. Dependerán de cuán delicado sea el equipo y de la urgencia con que se requiera su funcionamiento.

Los **costos** asociados a la **limpieza de fondo** de lagunas son el costo más importante. Existen para el caso de la laguna anaerobia en el sistema de tratamiento parcial y para el almacenamiento con vertido de sobrenadante. Dependiendo del sistema de vaciado elegido (camión estercolero con bom-

ba, retroexcavadora, bomba para el manejo de sólidos y agitador), se requerirá mano de obra, consumo eléctrico o de combustibles variable.

III. Evaluar las opciones en función del impacto que las mismas tienen en las aguas superficiales y subterráneas del predio.

Cada predio, debido a sus características particulares, ofrece un riesgo de contaminación mayor o menor, dependiendo, por ejemplo, del nivel de producción, de la topografía, etc., que debe evaluarse caso a caso (ver Ficha Técnica N° 8). Como instrumento de ayuda, se han definido los siguientes indicadores: "Índice de riesgo de contaminación de aguas subterráneas" e "Índice de riesgo de contaminación de aguas superficiales". Cabe destacar que es posible evaluar el riesgo sobre otros aspectos de eventual interés y construir otros índices de riesgo de este tipo, para impactos en el suelo, así como en el riesgo sanitario, la generación de gases de efecto invernadero y la biodiversidad.

De acuerdo a cuán expuestas al riesgo se encuentren las aguas superficiales o subterráneas, algunos sistemas resultan más adecuados que otros para los recursos en consideración.

En el proceso de selección de opciones es imperiosa la participación y compromiso del productor, pues el éxito de un sistema de manejo depende, en gran parte, de él. Es necesario que el técnico y el productor evalúen juntos el tiempo, la dedicación y los desembolsos asociados a un sistema. Debe resaltarse que hay sistemas que requieren costos y esfuerzos intensos concentrados en el tiempo, como la limpieza de fondo de lagunas y son éstos los que engendran los mayores gastos y dificultades para las opciones en las que se requiere.

La selección de opciones no tiene por qué restringirse a las explicadas más arriba, pudiendo existir soluciones puntuales que se adapten mejor a condiciones particulares.

¿Qué significan los parámetros que caracterizan el efluente?

El cometido de esta ficha es describir cómo los distintos compuestos físicos y químicos del efluente, interaccionan con el medio circundante, y como se caracterizan los mismos en el laboratorio.

Generalidades

Los residuos sólidos de los animales, contienen una serie de compuestos que, en lugares donde existe acumulación de los mismos, pueden causar efectos adversos significativos. Los impactos pueden observarse fundamentalmente en las aguas superficiales y subterráneas, suelo y aire.

En efluentes, se pueden clasificar los parámetros, en los siguientes grupos:

1. pH
2. Desechos orgánicos
3. Nutrientes.
4. Microorganismos patógenos
5. Sedimentos y materiales suspendidos
6. Sustancias químicas inorgánicas
7. Compuestos orgánicos persistentes

En esta ficha se discutirán los primeros cinco puntos por tratarse de parámetros de interés en los establecimientos lecheros.

Descripción

1. pH

Se denomina pH al potencial de Hidrógeno definido como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$\text{pH} = -\log_{10} [a_{H^+}]$$

El rango de pH típicamente utilizado es de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7, y básicas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución. La tabla siguiente ejemplifica los rangos de pH encontrados en distintas etapas del tratamiento de efluente.

	Rango pH
Efluente crudo	6.5 – 8.5
Lagunas anaerobias	6.0 – 8.0 óptimo: 7.0-7.2
Lagunas facultativas	7.5 – 9.5

2. Desechos orgánicos

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc.

Los desechos orgánicos contienen carbono como elemento principal, en combinación con otros elementos. Todas las sustancias de origen animal o vegetal contienen compuestos con carbono y son por lo tanto **orgánicas**.

En las excretas o en restos de animales o vegetales muertos, comienza el proceso de descomposición. Este proceso no es otra cosa que la conversión de la materia orgánica en otros compuestos orgánicos más simples, labor que realizan los microorganismos, en diferentes etapas.

Cuando la excreta u otra materia orgánica llega a un curso de agua, los microorganismos atacan esta materia orgánica, consumiéndola y convirtiéndola en compuestos más simples, al igual que lo

hacen en el suelo. El oxígeno disuelto, contenido en el curso de agua, es consumido por los mismos microorganismos en la degradación de la materia orgánica. Los principales productos de esta degradación son dióxido de carbono y agua.

En los ecosistemas naturales, la degradación de la materia orgánica, es una función compleja realizada por diferentes poblaciones de microorganismos de manera interrelacionada. Los organismos principales son las bacterias. El tamaño de la población de bacterias, depende de la cantidad de alimento disponible y de otros factores ambientales, tales como temperatura y pH. Cuando llega al curso de agua una gran cantidad de materia orgánica, como por ejemplo estiércol, las poblaciones de bacterias comienzan a crecer, multiplicándose rápidamente. Dado que cada bacteria utiliza el oxígeno disuelto en el agua para sobrevivir, la introducción de una gran cantidad de materia orgánica con el consecuente rápido incremento de la población de bacterias, resulta en una drástica reducción del oxígeno disuelto en la corriente.

Para la existencia de vida acuática es necesaria una importante cantidad de oxígeno libre en el agua. La introducción de desechos a la misma, baja los niveles de oxígeno de forma que puede forzar la migración de peces y otros animales hacia otros lugares o matarlos por ausencia de oxígeno. También es factible el cambio de color del curso y que el agua presente olor y sabor desagradables, siendo rechazada por los animales para su consumo.

3. Nutrientes

Los compuestos nitrogenados y fosforados son los principales nutrientes que necesitan los organismos (plantas y animales) para su desarrollo. Si estos compuestos se encuentran en cantidad excesiva en un cuerpo de agua, inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofi-

zación de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

En los siguientes ítems se describe como estos compuestos están interrelacionados entre sí y como actúan.

3.1. Nitrógeno

La **Figura 1** muestra el llamado ciclo del nitrógeno, donde se puede ver el flujo entre una y otra especies nitrogenadas. Las mismas, pueden tener efectos distintos sobre los recursos naturales.

La conversión de una forma a otra de nitrógeno es generalmente realizada por bacterias. Algunas conversiones requieren la presencia de oxígeno (sistemas aeróbicos), otros requieren ausencia de oxígeno (sistemas anaeróbicos), y otros la presencia de compuestos inorgánicos específicos (sistemas anóxicos). Propiedades tales como el contenido de humedad, temperatura y pH pueden acelerar o retardar estas interconversiones.

Nitrógeno orgánico

El N, se presenta en el estiércol mayormente, bajo compuestos orgánicos nitrogenados (60-80% del N total de la excreta). El Nitrógeno orgánico presente en las heces de la mayoría de los animales está bajo la forma de moléculas complejas, mientras que en la fracción líquida está fundamentalmente bajo la forma de urea.

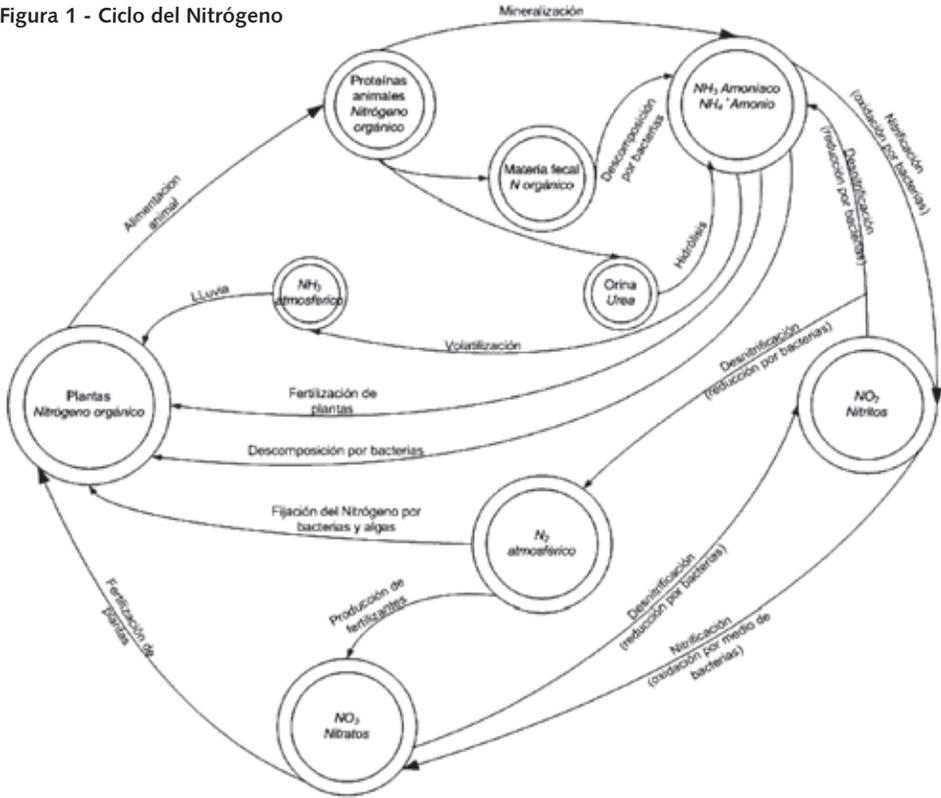
Nitrógeno amoniacal

Este término es utilizado para referirse a las especies de ión amonio (NH_4^+) y amoníaco (NH_3). Ambas formas existen en equilibrio entre sí, preponderando una u otra según el pH del medio.

El N bajo la forma de amoníaco es tóxico para los peces y otras formas de vida acuática a concentraciones bajas.

El Ion amonio es relativamente inmóvil

Figura 1 - Ciclo del Nitrógeno



en el suelo, dado que su carga positiva generalmente es atraída por las arcillas que están cargadas negativamente.

El amoníaco puede liberarse hacia la atmósfera (volatilización), un proceso que no es producto de la actividad microbológica. El 25% o más del N que ingresa a una laguna anaerobia puede perderse de esta forma.

El N amoniacal puede convertirse a nitrito y luego a nitrato bajo condiciones aeróbicas. Por esta razón, el nitrógeno orgánico y el amoniacal son las únicas especies de nitrógeno, existentes en las lagunas anaeróbicas y las lagunas de almacenamiento. Los compuestos nitrogenados comienzan a nitrificarse cuando existen condiciones aerobias como al ser aplicados al suelo o en lagunas aeróbicas.

Nitrato (NO₃⁻)

Normalmente existe en una fase transitoria de los procesos de nitrificación y desnitrificación. Las cantidades encontradas en el suelo o en las aguas es generalmente muy baja.

Nitrato (NO₃⁻)

El N bajo forma de nitrato es soluble en agua y es rápidamente disponible para las plantas.

Bajo condiciones anóxicas, el nitrato puede ser convertido por bacterias a nitrógeno gas, liberándose bajo esta forma a la atmósfera, proceso denominado desnitrificación.

Bajo condiciones aeróbicas los compuestos orgánicos nitrogenados y los amoniacales son degradados, convirtiéndose a nitrito y finalmente a nitrato (proceso de mineralización). El N orgánico, proveniente de las excretas de los animales puede ser convertido en nitrato y bajo esta forma puede infiltrarse o ser arrastrado por las lluvias provocando la contaminación de aguas superficiales y profundas.

A pesar de que el nitrato sólo es tóxico para los organismos acuáticos a concentraciones muy altas (superiores a 1000 mg/l), es una fuente de nutrientes para las plantas. En caso de estar presentes con otros nutrientes esenciales, como es el caso del fósforo, ayudan a provocar los llamados “blooms” de algas, término que se refiere al crecimiento desmesurado de algas o plantas acuáticas.

3.2. Fósforo

El fósforo (P) es uno de los nutrientes principales para el crecimiento de las plantas, ya sean éstas terrestres o acuáticas. Los compuestos fosforados se pueden dividir en ortofosfatos, compuestos fosforados orgánicos (enlaces P-O-C) y compuestos inorgánicos condensados (polifosfatos, enlaces P-O-P). Estas diferentes formas están en interacción según se puede ver en la **Figura 2**.

Cuando los compuestos fosforados ingresan a un curso de agua, son los principales responsables del crecimiento desmesurado de plantas acuáticas y algas, con los ya mencionadas perjuicios para el curso de agua y la vida acuática.

En la **Figura 2** se muestra los tipos de compuestos que forman cada fracción de fósforo en las distintas determinaciones analíticas descritas más adelante.

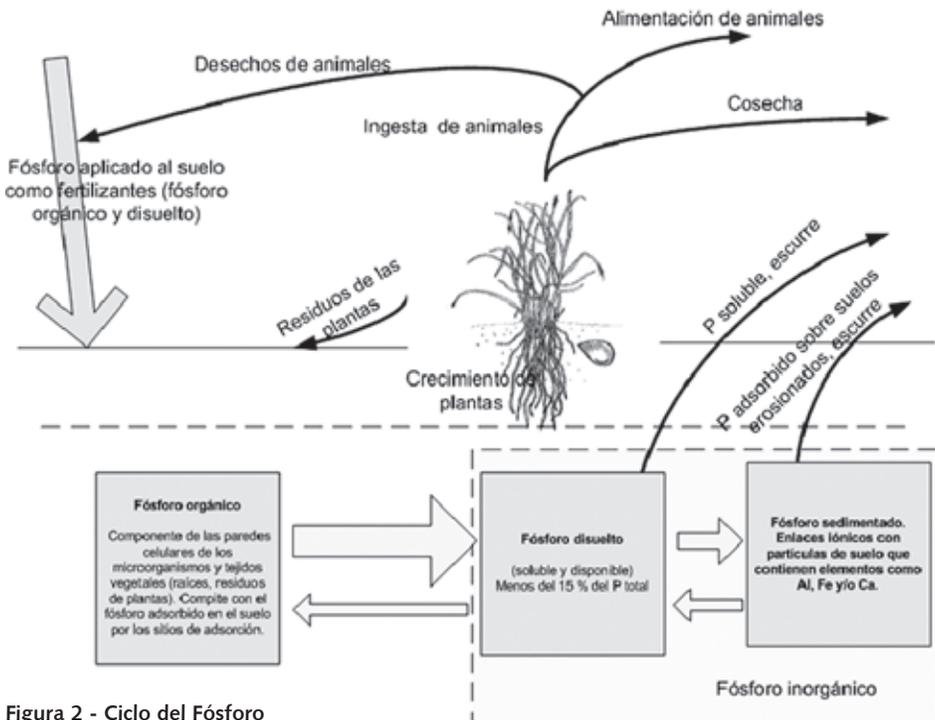


Figura 2 - Ciclo del Fósforo

Fósforo orgánico

Forma parte de todos los organismos vivos, incluido el tejido vegetal y los microorganismos. Es también la forma en que se encuentra el fósforo en las excretas de los animales y en los pesticidas organofosforados.

Fósforo soluble

También llamado fósforo disponible o disuelto, es la forma de fósforo que utilizan las plantas para su crecimiento. Es también la forma de fósforo factible de infiltrar en el suelo o ser arrastrada por el agua de lluvias.

Fósforo condensado

En esta clasificación están los compuestos típicamente encontrados en suelos, formadores de redes cargadas negativamente, atrapando en su interior cationes metálicos como hierro, aluminio y calcio.

4. Microorganismos patógenos.

La excreta de los animales de sangre caliente puede tener incontables microorganismos, incluidos en ellos virus, bacterias y hongos. Algunos de éstos microorganismos son patógenos, es decir causantes de enfermedades. Muchas de estas enfermedades son transmitidas de los animales al hombre, o viceversa.

Para determinar la probabilidad de existencia de patógenos en un agua residual, no se analizan los patógenos por separado, sino que se utilizan organismos indicadores de contaminación microbiana.

Los organismos indicadores deben provenir del tracto intestinal de animales de sangre caliente (para que compartan el hábitat con los patógenos buscados y puedan llegar al agua por la misma vía que ellos). Un indicador común de la contaminación bacteriana por animales de sangre caliente, son los coliformes fecales.

5. Sedimentos y materiales suspendidos.

Muchas partículas arrastradas del suelo y que llegan a las aguas junto con otros materiales que hay en suspensión en éstas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos y obstruyen pequeños cursos de agua.

Métodos de Determinación

Materia orgánica

La cantidad de materia orgánica presente en una muestra acuosa se determina por diferentes ensayos de laboratorio. Dentro de estos se encuentran la DBO₅, la DQO y los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV).

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), mide el oxígeno que es consumido por los microorganismos para degradar la materia orgánica. Este test se realiza en condiciones de temperatura constante (20°C), con exceso de nutrientes y el tiempo de incubación habitual es de 5 días (de ahí el subíndice 5 en el nombre).

La Demanda Química de Oxígeno o DQO, es una medida cuantitativa de la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente la materia orgánica presente en el agua residual, utilizando como oxidantes el dicromato inorgánico o sales de permanganato en un ensayo de dos horas.

Nitrógeno

El Nitrógeno orgánico y el amonio se determinan analíticamente mediante el método de Kjeldahl y conjuntamente son lo que se llama habitualmente el "Nitrógeno Kjeldahl".

Por técnicas específicas se puede determinar la cantidad de nitrato, nitritos y amonio presentes en la muestra.

La suma del Nitrógeno Kjeldahl, nitrato y nitrito es lo que se denomina Nitrógeno Total.

Como en las condiciones de la excreta o del efluente no existen las formas oxidadas de nitrógeno (nitrato y/o nitrito), el Nitrógeno Total en este caso coincide con el Nitrógeno Kjeldahl.

Fósforo

Las determinaciones más frecuentes en el laboratorio son las cuantificaciones de fósforo libre disuelto; de fósforo total disuelto y de fósforo total. La determinación de fósforo libre disuelto se indica por la cantidad de ortofosfatos (PO_4^{3-}) presentes en la muestra acuosa. La determinación de fósforo total disuelto da una pauta de la cantidad de fósforo que esta disponible para la captación por las plantas en el corto plazo. Mide la cantidad de ortofosfatos, polifosfatos (fosfatos condensados inorgánicos) y la fracción soluble de los compuestos organofosforados. La determinación de fósforo total mide los compuestos contenidos en la fracción disuelta y los compuestos fosforados contenidos en la fracción sedimentable.

Sólidos

El término contenido de sólidos totales (ST) de una muestra acuosa se aplica a la materia restante tras la evaporación de una muestra de efluente y su secado a una temperatura de 105°C. Los sólidos totales incluyen a los sólidos suspendidos totales (SST), que son los que quedan retenidos al filtrar la muestra por un filtro de 2.0 μm , y a los sólidos disueltos, que son los que atraviesan el filtro.

Los sólidos volátiles se determinan calcinando a 550°C el residuo resultante del secado de la muestra sin filtrar a 105°C. Mientras que los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) se realizan calcinando a 550°C el residuo resultante de secar a 105°C la fracción sólida obtenida luego de filtrar la muestra por un filtro de 2.0 μm . Los SSV es una determinación importante en el área de estudio de aguas residuales, ya que dan un indicativo de la cantidad de materia orgánica presente en la muestra.

Los Sólidos Fijos son la porción de Sólidos Totales que no son volatilizados a 550°C, por lo tanto son la porción de sólidos que queda después de la calcinación. Representan el contenido inorgánico (sales minerales, arena, etc) del agua residual.

El análisis de sólidos sedimentables (SSed) presentes en una muestra de agua indica la cantidad de sólidos que pueden sedimentarse a partir de un volumen dado de muestra en un tiempo determinado.

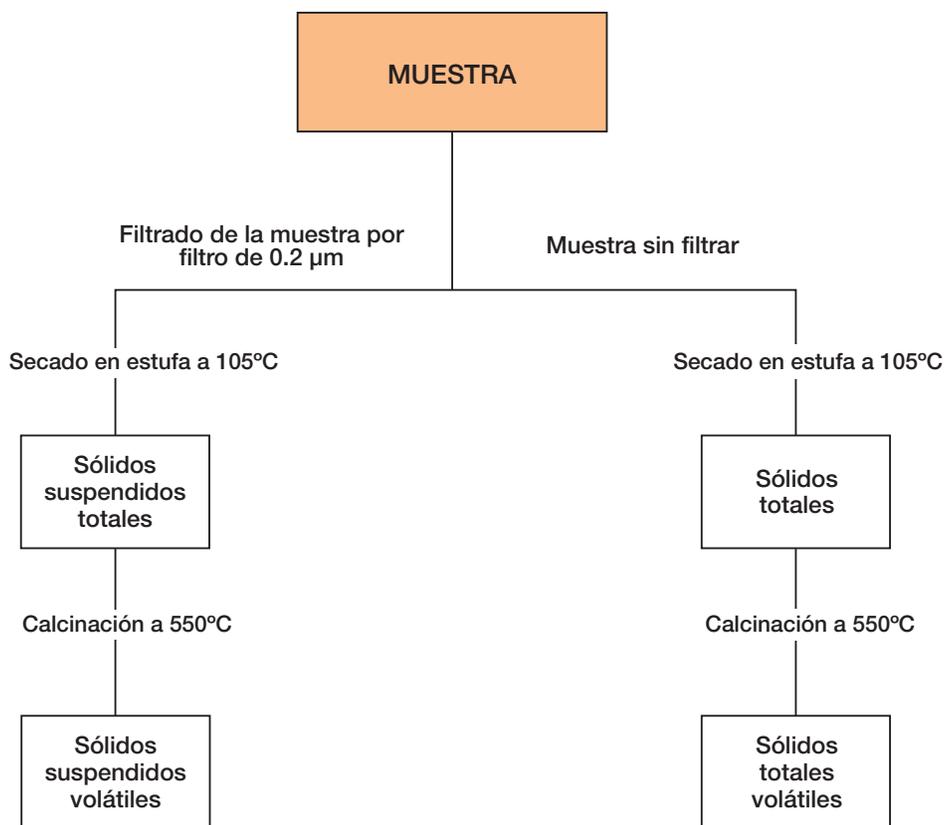


Figura 3. Determinación de las distintas fracciones de sólidos en muestras líquidas.

Consideraciones sobre que operaciones realizar de manera de poder caracterizar la excreta colectada en el área de ordeño y de esta forma, diseñar el sistema de manejo para las características propias del establecimiento. Se describen también operaciones a realizar de forma de minimizar esta descarga y de este modo reducir el tamaño de los sistemas.

El primer y obligado paso a los efectos de tomar decisiones para seleccionar y diseñar un modo de manejo de residuos, es caracterizar cualitativa y cuantitativamente el efluente. Es necesario conocer qué ingresará al sistema de manejo: qué materiales o sustancias componentes deben tratarse, en qué cantidades son vertidos, y cuál es el régimen en que esa carga es recibida (continuo, periódico, cíclico, intermitente).

Inciden en la composición del efluente, la excreta generada y la cantidad de agua que se mezcla con esta excreta y termina en el sistema de manejo. En los párrafos siguientes se discute los factores que afectan la cantidad y composición del efluente generado.

a) Excreta generada

La cantidad diaria total promedio de excreta generada por el animal, expresada en kilos de materia seca/día (MS/d), depende de:

1. la estacionalidad de la producción
2. el tiempo de permanencia de los animales en el área de ordeño
3. la cantidad de alimento consumido y su digestibilidad
4. el manejo del rodeo en ordeño en los momentos de arreo y acondicionamiento.

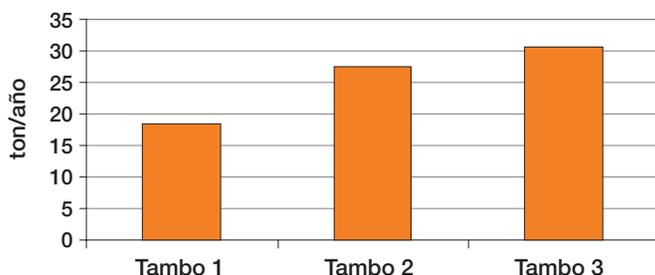
1. Estacionalidad de la producción

La producción de leche en Uruguay presenta variaciones importantes durante el año a diferencia de lo que ocurre en otros sistemas pastoriles. Esta variación se debe fundamentalmente a la variación del número de vacas en ordeño y a la producción individual de los animales.

A modo de explicación se utilizará el siguiente ejemplo. Considérense tres tambos, que producen el mismo promedio de leche anual por animal, con igual número de órganos en la sala de ordeño, igual digestibilidad media y manejando el ganado en un lote. El tambo 1 presenta una estacionalidad en la producción no muy marcada, un número mínimo de vacas en ordeño (V.O.) de 80, con un máximo de 100 V.O.. El tambo 2 tiene una estacionalidad marcada, 25 V.O. para el mínimo de animales en producción y 100 V.O. en la situación de máxima cantidad de animales en ordeño. Mientras que el tambo 3, hipotético, tiene 100 V.O. durante todo el año.

Si se estima la descarga anual de estos tres establecimientos, se obtiene el gráfico de la **Figura 1**.

Figura 1 - Sólidos generados por año



De esta forma para el tambo 1 se obtienen 18.3 toneladas de sólidos suspendidos totales (SST) acumulados por año, mientras que para el tambo 2, la cantidad de SST es de 27.5 ton/año. Para el tambo hipotético 3, este valor sería de 30.6 ton/año.

Como se observa, la descarga generada es muy variable durante el año para un mismo establecimiento, respecto a la estacionalidad en el número de vacas en ordeño y su producción individual. Por lo tanto, considerar para el diseño el número de V.O. máximo, sin contemplar la estacionalidad, puede llevar a sobredimensionamientos y a tener lagunas que requieran de una inversión mayor a la necesaria, al ser de mayor volumen, presentando a la vez, una eficiencia menor (lagunas anaerobias con mal funcionamiento).

2. Tiempo de permanencia de los animales en el área de ordeño.

La cantidad de excretas colectadas, varía en forma proporcional al tiempo medio que el ganado pasa en el área de ordeño.

Usualmente cuando se habla de tiempo de ordeño, éste se refiere al tiempo total que dura el ordeño, es decir el tiempo en que hay animales en la sala de ordeño y en el corral de espera. Sin embargo, si se piensa desde la óptica de la cantidad de excretas factibles de ser recolectadas en el área de ordeño, el uso de este tiempo en el diseño puede generar errores. Por

tal motivo, es conveniente diferenciar el tiempo total de ordeño, del tiempo en que en promedio una vaca pasa en el área de ordeño: tiempo medio.

A modo de ejemplo, se considerará un tambo de 100 V.O. para el momento de máxima cantidad de ganado en ordeño (alta producción), con 6 órganos, un tiempo de ordeño individual de 8 minutos y un tiempo muerto de 15 minutos. Para estas condiciones, el tiempo total de ordeño es de aproximadamente 2.5 horas/ordeño, mientras que el tiempo medio de una vaca el área de ordeño es de 1.4 horas/ordeño.

El denominado tiempo muerto se refiere al tiempo que los animales pasan en el área de ordeño antes de comenzar el mismo; por ejemplo, en verano, el tiempo que los animales pasan en el área tomando agua previo al ordeño, sobre el corral de espera.

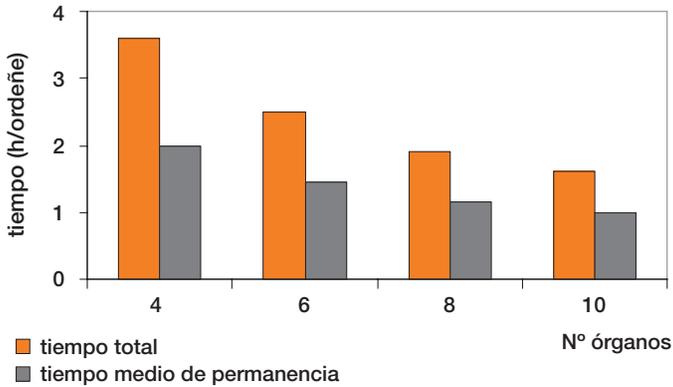
Factores que influyen en el tiempo de permanencia de los animales en el área de ordeño:

- Número de órganos utilizados en la sala de ordeño.
- Tiempo de ordeño individual.
- Número de lotes en el manejo del rodeo.

a) Número de órganos utilizados en la sala de ordeño

La Figura 2 muestra la variación del tiempo de ordeño variando únicamente el número de órganos en sala.

Figura 2

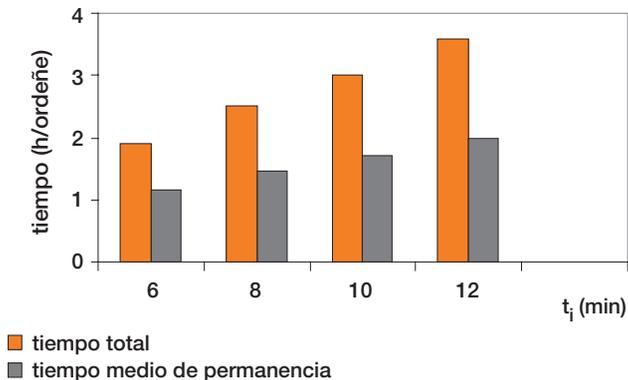


Los cálculos para la obtención de este gráfico fueron realizados considerando 100 V.O., 15 minutos de tiempo muerto, ordeño en 1 lote y tiempo individual de ordeño de 8 minutos. Con estos datos, resulta que si el establecimiento cuenta con 6 órganos el tiempo total de ordeño es de 3.6 horas/ordeño mientras que el tiempo medio de ordeño es de 2 horas/ordeño. Sin embargo si se cuenta con 10 órganos, el tiempo total de ordeño se reduce a 1.6 horas y el tiempo medio de ordeño a 1 hora/ordeño. Con ello, como se ha mencionado, se reduce la cantidad de excreta a colectar y procesar y se posibilita el aumento del tiempo de pastoreo de los animales.

b) Tiempo de ordeño individual

Sobre el tiempo de ordeño, incide directamente el tiempo de ordeño individual. Dicha incidencia se muestra en la figura 3, considerando 100 V.O., 15 minutos tiempo muerto, ordeño en 1 lote y 6 órganos. Bajo este ejemplo, con un tiempo de ordeño individual de 6 minutos, el tiempo medio de estadía de una vaca en el área de ordeño es de 70 minutos/ordeño. Mientras que si el tiempo individual de ordeño es de 10 minutos, el tiempo medio de ordeño será de 100 minutos/ordeño.

Figura 3



c) Número de lotes utilizados en la sala de ordeño

Otro factor que presenta una alta incidencia en el tiempo total de ordeño y especialmente en el tiempo medio de estadía de una vaca en el área de ordeño, es el número de lotes en el manejo del ganado. Considerando el manejo de 100 V.O. con un tiempo muerto de 15 minutos, un tiempo de ordeño individual de 10 minutos y 10 órganos el tiempo medio de estadía se reduce en un 60 % si el ganado se maneja en dos lotes en vez de en un lote.

3. Cantidad de alimento consumido y su digestibilidad

Existe una fuerte incidencia de la cantidad de alimento consumido por el rodeo en ordeño, sobre la cantidad de excretas generadas.

El consumo de alimentos depende de varios factores, algunos de estos, vinculados a la dieta en si misma (estado y altura de la pastura, composición, digestibilidad), otros vinculados al animal (estado gestacional, momento de lactancia, estatus sanitario) y otros vinculados al manejo (horas de pastoreo, suministro de reservas, suministro de concentrados).

La fuerte variación tanto en cantidad como en calidad, de la pastura a lo largo del año (base de la alimentación de los rodeos lecheros), genera también variaciones en la cantidad y composición de las excretas producidas.

4. Manejo del rodeo en ordeño en los momentos de arreo y acondicionamiento.

Es significativa la incidencia en la producción de excretas, del stress generado en el ganado, por la utilización de perros, golpes o el grito vivo del operario en el manejo rutinario.

Otros aportes a la composición del efluente.

Es común la práctica de dar suplementos nutricionales (concentrados) o ración a los animales durante el ordeño. Es importante minimizar los desechos de esta (que generalmente se consideran un 3% de la alimentación ofertada), ya que de terminar con el efluente pueden ocasionar algunos inconvenientes. Este material, especialmente los granos, son de difícil biodegradabilidad, y por sus características físicas pueden dañar severamente un sistema de bombeo.

b) Aportes de agua

Cuando se analiza el volumen de agua a manejar para el diseño de un tratamiento de efluentes, deben considerarse todos los aportes que de una forma u otra terminan en el efluente. Dentro de éstos, se pueden destacar:

1. Agua utilizada en la limpieza de la sala de ordeño y corral de espera.
2. Aguas pluviales.
3. Aguas de enfriamiento de leche.
4. Aguas de lavado de tanques y máquina de ordeño.
5. Agua de lavado de ubres.

1. Agua utilizada en la limpieza de la sala de ordeño y corral de espera.

El valor internacionalmente considerado estándar, como consumo de agua de limpieza es de 50 L agua/V.O.día. Este valor es muy variable en Uruguay entre los establecimientos lecheros. En caso que se constate un exagerado uso de agua en las operaciones de limpieza del tambo, es necesario reducir el mismo.

Mojar el corral de espera antes de la entrada de los animales, especialmente en

verano, repercutirá en un ahorro de agua al final de la jornada, ya que la excreta se adherirá menos al piso y por lo tanto la remoción será mas sencilla.

2. Aguas pluviales.

Es importante que las aguas pluviales, de techos y pisos, no terminen en el sistema de manejo de efluentes. Para ello es recomendable canalizar el agua de los techos y desviar agua de corrales del circuito de colección de efluentes.

A modo de ejemplo para un tambo con 100 V.O. en promedio el consumo de agua en las operaciones de limpieza, considerando 50 L/V.O./d es de 1800 m³/anuales aproximadamente. Si el corral de espera de este establecimiento es de 200 m² y el área de techos de 70 m² y no se separan las aguas pluviales, considerando un promedio de lluvias anuales en el país de 1000mm, tenemos que en un año, 270 m³ de agua de lluvia terminaron en el sistema de tratamiento. Esto representa casi el 20% del total de líquidos en el sistema.

3. Agua de enfriamiento de leche

En caso de utilizar agua para el enfriamiento de leche, se debe evitar el ingreso de ésta al sistema de tratamiento de efluente. Se trata de un tipo de agua que no altera su calidad luego del enfriado, es factible, entonces de ser reusada. Se puede utilizar para bebederos, lavado de piso, riego o cualquier otra actividad que demande el uso de agua.

Recomendaciones a realizar con el objetivo de minimizar la contaminación puntual generada en el área de ordeño.

Factor a manejar	Operaciones a realizar	
Agua de limpieza de sala de ordeño/corral de espera	Minimizar el consumo.	El valor normalmente aceptado es de 50 L de agua por vaca en ordeño por día.
Agua de enfriamiento de leche/ Agua de lluvia	NO permitir el ingreso de éstas al sistema de tratamiento.	Recolectar aparte y utilizar como fuente de agua limpia en las operaciones del tambo
Tiempo de permanencia de los animales en el área de ordeño.	Disminuir este tiempo al máximo.	Ajustar número de órganos de extracción de leche, a la máxima cantidad de vacas en ordeño
		Trabajar en lotes de animales.
		Los animales que se encuentren en los lotes que no están siendo ordeñados deben esperar en pastoreo, no sobre superficie de suelo desnudo en los alrededores del área de ordeño.
		Disminuir el tiempo de ordeño individual
Tiempos muertos	Disminuirlos o minimizarlos	Localizar los comederos o bebederos fuera de las instalaciones de ordeño. Para evitar otros lugares de contaminación puntual, mover estos y no colocarlos sobre suelo desnudo.
Trato de los animales	Evitar stress de los animales	Tratarlos sin gritos ni golpes. No utilizar perros

El objetivo de esta ficha es orientar a los responsables en el relevamiento los datos en los predios.

Se busca orientar en la identificación de los problemas a resolver. Es de destacar que en muchos casos existen puntos que si bien no resultan o parecen como críticos tienen una incidencia marcada en lo que hace a la contaminación del predio.

Para una adecuada determinación del problema, en el manejo de efluentes, es necesario establecer la visión de unidad e integridad en el sistema, apostando a jerarquizar puntos críticos que tengan una incidencia marcada en la contaminación.

Generalidades

Con el objetivo de agilizar y sistematizar el relevamiento de datos en tambos, útiles estos para el dimensionamiento del sistema de manejo de efluentes, se con-

feccionó el formulario: "Relevamiento de Tambos-Manejo de efluentes", disponible como anexo a esta ficha y en la dirección: www.mgap.gub.uy/presponsible

El mismo se divide en dos áreas

- Datos para el diseño
- Características generales
 - Tambo y alrededores
 - Evaluación del sistema de existente
 - Índice de estado para la toma de muestra

En la primera parte, se abordan datos que hacen al diseño del sistema de manejo de efluentes. La segunda, permite tener una visión global del estado general de aguas superficiales y subterráneas así como del sistema de manejo actual de los efluentes del tambo.

Primera parte: Datos necesarios para el diseño

Manejo del Tambo

Características operativas y proyecciones del establecimiento.

Una primera pauta a considerar al momento de diseño del sistema del manejo de efluentes, es la proyección prevista en lo referido al incremento en el número de vacas ordeñe para el mediano plazo (5 años).

Del mismo modo, modificaciones en el número de órganos de extracción de leche, ampliaciones en la sala , corrales de espera, etc, deben tenerse en cuenta para realizar un correcto dimensionamiento de la propuesta de manejo.

Régimen de pariciones

La variación estacional de la cantidad de animales en el tambo a lo largo del año incide en el volumen de sólidos colectados al cabo del mismo. No es correcto dimensionar un sistema de manejo teniendo en cuenta solamente el número máximo de animales en ordeñe (alta producción), porque el sistema quedará sobredimensionado. Por el contrario si se toma en cuenta el número mínimo de animales en ordeñe durante el

ejercicio (la etapa de baja producción), el sistema quedará subdimensionado.

Manejo del rodeo en el tambo

El tiempo medio que los animales permanecen en el área de ordeño incide directamente en la cantidad de sólidos que son colectados.

Estos a su vez, inciden en la dimensión del sistema de manejo.

El tiempo medio en el área de ordeño, es el tiempo que pasan en promedio los animales en dicha zona. Este tiempo dependerá del tiempo de ordeño individual así como de la cantidad de lotes manejados y los tiempos muertos de cada lote. Dado que estos parámetros resultan difíciles de estimar a futuro se asume que el manejo del rodeo se hará de forma similar al ocurrido al momento del relevamiento de la información.

Se entiende como “tiempo muerto” el tiempo que transcurre desde que los animales llegan al corral de espera, hasta que se ordeña el primer animal.

Durante el verano, este tiempo puede aumentar ya que muchas veces disponen de agua para beber, sobre la planchada antes de comenzar el ordeño.

En la mayoría de los tambos, existen diferencias muchas veces importantes referidas a la cantidad de animales en ordeño, por estación, explicadas por el manejo de las pariciones que se aplica en el establecimiento. Se pueden distinguir, momentos del año con un máximo de vacas en ordeño (alta producción) y otros con un mínimo (baja producción).

Por tal motivo, se recoge la información para estos dos momentos dispares.

Características del corral de espera

El riesgo de polución en tambos, esta directamente relacionado con la concentración de excretas de los animales durante el tiempo de permanencia en el área de ordeño. Por esto, es importante poder colectar la totalidad de las excre-

tas generadas en esta área. Para poder hacerlo, es necesario que los animales no esperen el ordeño sobre suelo desnudo. Resulta entonces importante, verificar que el tamaño del corral sea suficiente para la cantidad de animales que llegan al área o por el contrario, hacer un correcto manejo de lotes.

El área del corral de espera a su vez es de interés, ya que las aguas pluviales que caen sobre el mismo finalizan, en general, en el sistema de manejo de efluentes.

Llegan hasta allí también, las aguas pluviales que se recogen sobre las áreas techadas de los alrededores del corral, finalizando las mismas también en el sistema de tratamiento. Para evitar que esta agua limpia finalice en el sistema, se puede conducir hacia un sitio diferente del corral. Se debe poner especial atención en no crear nuevas zonas anegadas.

Alimentación del rodeo

La alimentación del rodeo tiene también incidencia sobre el diseño del sistema de manejo de efluentes. La rutina de suplementación en la sala, genera pérdidas de alimentos, que finalizan en el sistema de manejo, por lo que deberían ser consideradas.

Por otro lado, se deben considerar también, los patios de alimentación donde los animales pasan períodos importantes, a veces mayores al tiempo de ordeño, por lo que surge como área de potencial contaminación o mayores volúmenes de efluentes. Estos lugares deben contar con piso de material para evitar efectos adversos en aguas subterráneas.

En general estos patios de alimentación no son limpiados a diario como el corral de espera. De realizarse la a diario, este volumen debería ser conducido hacia el sistema de manejo de efluentes y por lo tanto considerado en el momento del diseño del mismo.

Si la limpieza del patio de alimentación no es realizada a diario, el posible pro-

blema se dará cuando llueva y las lluvias provoquen escurrimientos. En ese caso una solución es colocar en los bordes del patio canaletas que colecten los escurrimientos líquidos y los conduzcan hacia el sistema de manejo.

En caso de que exista un patio de alimentación o algún otro corral donde permanezcan los animales por algún tiempo a diario y que este sea lavado de igual manera que el corral de espera debe ser considerado para el diseño. Para ello se deberá considerar el tiempo que los animales permanecen en dicha área, así como el volumen de agua utilizado para lavarlo.

Volumen de agua empleada

El volumen de agua que finaliza en el sistema de manejo, debe ser tenido en cuenta para el diseño del sistema. En general finalizan en el corral de espera y por lo tanto en el sistema de manejo, aguas provenientes no solo del lavado del tambo, por lo que deben determinarse cuidadosamente todos los aportes. (Ver Fichas “Estimación de volúmenes de agua vertidos al sistema de efluentes” y Ficha “Aguas Pluviales”)

Infraestructura disponible

La elección del sistema de manejo está condicionada por la disponibilidad de mano de obra y maquinaria en el tambo, por lo que es importante verificar dicha disponibilidad al momento de la visita.

Segunda parte: Características generales

En todo emprendimiento resulta importante determinar claramente el punto de partida del mismo, para facilitar la toma de decisiones y evaluar correctamente el desempeño del proyecto.

La implementación de mejoras en el manejo de los efluentes de tambo no escapa a esta generalidad. Por lo que resulta de suma importancia una correcta evaluación del estado inicial del predio.

Esta evaluación tiene como objetivos:

- Identificación de oportunidad de mejoras
- Identificación de sitios de contaminación puntuales
- Relevamiento por escrito de los puntos que resultaran claves en la elección del sistema
- Determinación de un punto de referencia para evaluar la mejora.

Tambo y alrededores

Se realiza una evaluación de todos los aspectos que hacen al manejo de aguas del tambo. En este sentido se destacan:

Zona sensible

Se refiere a si el tambo se encuentra en una zona donde existe una toma de agua potable de OSE o alguna otra actividad que pueda verse seriamente afectada. Un ejemplo de esto, puede ser la existencia de una escuela en las cercanías.

Pozo de agua

La distancia y la ubicación topográfica del pozo de agua con respecto al tambo, resulta de interés al momento de poder identificar y evaluar posibles contaminaciones.

Pozo séptico

La distancia y la ubicación topográfica del pozo séptico con respecto a la perforación que suministra agua, resulta de interés al momento de poder identificar y evaluar posibles contaminaciones.

Suelo

En el suelo, la infiltración, el escurrimiento y la distancia de las aguas subterráneas son factores a considerar. Este punto resulta también de gran importancia a la hora de decidir por cual sistema de manejo optar (ver Ficha Técnica “Matriz de impacto” y Ficha técnica “Estudio de Suelos”).

Aguas superficiales

En caso de existencia de un curso de agua cercano, se considera el posible escurrimiento de los efluentes de tambo al mismo y su impacto. Para ello son tenidas en cuenta pendientes y distancias. Este punto resulta también de gran importancia a la hora de decidir por cual sistema de manejo optar (ver Ficha Técnica “Matriz de impacto en aguas superficiales y subterráneas”).

El hecho de que los animales permanezcan en la cercanía o en el cauce del curso puede tener un impacto importante en la calidad de mismo por lo que debe ser tenido en cuenta como una contaminación puntual y por lo tanto una oportunidad de mejora.

Calidad de aguas superficiales

Se trata de evaluar de forma cualitativa la calidad del curso de agua y el posible impacto sobre ésta al efectuarse la descarga del sistema de tratamiento. Para ésto se estudian ciertos indicadores antes y después de la descarga.

Los indicadores elegidos son:

- Existencia de vida acuática
- Existencia de plantas flotantes, algas
- Presencia de olores desagradables
- Color
- Si los animales toman agua de allí

Evaluación del sistema tratamiento de existente

En el caso de existir un sistema de tratamiento que desea modificarse, se provee de herramientas para su evaluación. Los sistemas de tratamiento parcial más frecuentemente encontrados en el país son sistemas de lagunas en serie (por ej. doble laguna). En general estos sistemas tienen problemas por una cantidad de sólidos mayor a la esperable en el diseño, por lo que se encuentran colmatados.

Las posibles situaciones que se enumeran en el cuestionario son síntomas de un funcionamiento deficiente. A modo de resumen se presentan en la Tabla 1 las posibles conclusiones de las observaciones realizadas.

Tabla 1 - Posibles situaciones encontradas en sistemas de manejo de efluentes existentes

Punto del sistema	Observaciones	Síntoma de:
Pozo estercolero	No se limpia a una frecuencia adecuada	Un funcionamiento deficiente, se deben proponer soluciones que tengan en cuenta el tiempo real en el que se pueden hacer las limpiezas
Laguna anaerobia (primer laguna)	Con muchos sólidos (colmatada)	Mal funcionamiento. Se puede tratar de una laguna que tiene un largo periodo de utilización sin limpiezas o que la separación anterior de sólidos no funciona adecuadamente.
	Con algas verdes o rojas	Mal funcionamiento. La laguna tiene un volumen mayor al requerido.
	Crecimiento de plantas en la superficie	Abandono. Estas plantas deben retirarse
	Existe producción de biogas (formación de burbujas)?	
	La laguna descarga solo después de una gran lluvia o Casi nunca	Al ingresar líquido todos los días es de esperar que la salida sea también todos los días. La no visualización de salida de líquidos del sistema es indicativo de que la laguna está sufriendo escapes del efluente por otro lugar (infiltraciones).
	Dimensiones de la laguna	Es conveniente chequear las dimensiones reales del sistema contra los valores de diseño arrojados por el programa de modo de verificar la adecuación o no del mismo.
Laguna facultativa (segunda laguna)	Acumulación de sólidos	Mal funcionamiento.
	Dimensiones de la laguna	Es conveniente chequear las dimensiones reales del sistema contra los valores de diseño arrojados por el programa de modo de verificar la adecuación o no del mismo.
Descarga de la laguna a suelo	Ausencia ó exceso de vegetación	Síntomas de contaminación por nutrientes
	Suelo erosionado	
Descarga de la laguna a curso de agua	Ausencia de vida acuática/ Deposito de sólidos	Descarga afecta negativamente el curso de agua
	Camalotes y algas	Exceso de nutrientes en la descarga
Impermeabilización	Indicios de infiltración	La aparición de zonas húmedas en los alrededores de la laguna, lejos de la zona de descarga es indicativo de problemas de infiltración

Correcta evaluación de los indicadores de aguas superficiales

Las observaciones realizadas así como los datos anteriormente relevados pueden variar de un día a otro con el caudal del curso de agua, el nivel de producción y la humedad. Por lo que deben caracterizarse de alguna manera las condiciones del día de observaciones y/o muestreo para que sean comparables.

Para poder verificar si los datos son comparables fue definido el indicador: “Índice de estado”. Este indicador se obtiene de sumar el valor asignado para cada uno de estos factores, según el nivel del factor como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 - Indicador de Índice de estado

Factor	Nivel	Valor asignado
Caudal del curso de agua con respecto al normal	Mayor	1
	Igual	2
	Menor	3
Nivel de producción	Alto	3
	Medio	2
	Bajo	1
Humedad del suelo	Alta	3
	Media	2
	Baja	1

A modo de ejemplo, si el día en que se realiza la visita para determinar el estado inicial del predio, es posterior a una semana de intensas lluvias, probablemente, el caudal del curso de agua sea mayor al normal y la humedad del suelo sea alta. El nivel de producción está determinado por la época del ejercicio en que se realice la visita. Por ejemplo si la vista se realiza en una época de alta producción, el índice de estado en este caso es de un valor de 7 (1+3+3).

Esta ficha tiene como objetivo orientar en la estimación del impacto relacionado con la contaminación para aguas superficiales y subterráneas.

Para la elección del sistema de manejo de efluentes de tambo **deben** considerarse diversos factores tales como:

- Las reglamentaciones nacionales aplicables
- Las condiciones ambientales de la zona (entre ellos los riesgos de contaminación)
- Los costos de inversión y operación
- La necesidad de recursos humanos
- El mantenimiento que requieren
- Los puntos de vista de las distintas partes interesadas

Estos factores y su influencia en la elección del sistema de manejo de efluentes, fueron discutidos anteriormente (Ficha N°3 "Selección del sistema de manejo de efluentes"). Sin embargo, el riesgo de un predio con respecto a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas merece un análisis particular.

Para estimar el impacto sobre las aguas superficiales y subterráneas, se deben tener en cuenta:

- Permeabilidad del suelo
- Pendiente hacia el curso de agua
- Distancia al curso o cuerpo de agua
- Zona geográfica
- Caudal del curso de agua
- Número de Vacas en Ordeño en el establecimiento
- Profundidad de la napa freática

Sin perjuicio de que en predios particulares existan otros aspectos a tener en cuenta.

Algunos de estos factores solo influyen en el riesgo para uno de los tipos de aguas, mientras que otros, influyen para los dos e incluso en sentidos contrarios por lo que se analizará para cada tipo por separado.

Criterios tenidos en cuenta

Aguas Superficiales

Se trata de evaluar el impacto en las aguas superficiales ubicadas en las inmediaciones del tambo, mediante los siguientes criterios:

Permeabilidad del suelo

A menor permeabilidad del suelo, más escurrirá superficialmente el efluente hacia un curso de agua cercano, lo que aumenta el impacto de contaminación en estas aguas.

Pendiente del terreno

A mayor pendiente del terreno, más escurrirá superficialmente el efluente hacia un curso de agua cercano.

Pendiente	Criterio
0-1%	Sin pendiente
Entre 1-4%	Medio
Mayor 4%	Importante

Distancia al curso de agua o cuerpo-receptor

La proximidad del curso de agua aumenta la probabilidad de que la contaminación alcance el mismo.

Distancia al curso	Criterio
Mayor a 1 km	Lejano
Entre 200 m- 1km	Medio
Menor a 200 m	Cercano

Zona geográfica

Este criterio tiene en cuenta la importancia del curso de agua en la zona donde está ubicado el establecimiento. Puede tratarse de un establecimiento con vecinos lejanos y sin interés en el curso de agua, dando entonces como resultado una zona poco sensible. En cambio si existe un interés en emplear esta agua, la sensibilidad de la zona aumenta.

Por ejemplo, hay que considerar si se está cerca a tomas de agua de OSE, si existen en la zona muchos establecimientos que originan descargas de efluentes, etc.

Caudal del curso de agua

El impacto de la descarga del efluente, será relativo al caudal del curso de agua; es muy grave en pequeños caudales y disminuye el impacto a caudales mayores.

Número de Vacas en Ordeño en el establecimiento, especialmente al momento de máxima cantidad

El número de animales en el tambo impacta directamente en el riesgo de contaminación del predio.

Aguas Subterráneas

Se trata de evaluar el riesgo de contaminación de aguas subterráneas ubicadas en las inmediaciones del tambo.

• Permeabilidad del suelo

A mayor permeabilidad del suelo, mayor es la probabilidad del efluente líquido de infiltrar y alcanzar aguas subterráneas. Lo que aumenta el impacto en estas aguas.

• Zona geográfica

Para clasificar la sensibilidad de la zona geográfica se debe tener en cuenta la importancia que reviste para los diferentes actores, la calidad del agua subterránea y cuan en peligro se encuentra este recurso debido a otros factores.

En el caso de aguas subterráneas se debe tener en cuenta que una remediación de las mismas, ocurre solamente a largo plazo.

• Profundidad de la napa freática

La probabilidad de que el efluente infiltrado, alcance aguas subterráneas aumenta al aumentar la proximidad de la napa.

Profundidad de la napa	Criterio
Más 20 metros	Profunda
Entre 2 y 20 metros	Media
Menos 2 metros	Próxima

Número de Vacas en Ordeño en el establecimiento, especialmente al momento de máxima cantidad

El número de animales en el tambo impacta directamente en el riesgo del predio.

Conformación de la matriz

Una vez valorados cada uno de estos factores, se obtiene una apreciación sobre el impacto de contaminación a través de la herramienta: “Matriz de impacto” en aguas superficiales y profundas en cada predio (disponible en el Sitio Web: www.mgap.gub.uy/presponsable).

La matriz digital es un archivo de Excel® donde se selecciona cada una de las características del predio y se determina el impacto del mismo así como el orden de adecuación de los sistemas. Para cada tipo de aguas (subterráneas y superficiales) se tiene una hoja en particular.

En el Anexo siguiente, se encuentra una vista de la matriz, a modo de ejemplo.

Al ingresar a la planilla se deben seleccionar los recuadros sombreados, donde se desplegarán las distintas opciones para cada uno de los factores. En la parte inferior se desplegará el índice (Alto, medio o bajo) de impacto para esta agua así como el orden relativo de adecuación de los diferentes sistemas de manejo.



Pileta de acumulación



Fertilización de pasturas

Anexo

AGUAS SUPERFICIALES (Cañadas, Arroyos, etc.)

Permeabilidad del suelo	Permeable
Criterio de acuerdo al tipo de suelo (ver Ficha "Caracterización del suelo del Predio"): 1= permeable (Riesgo 3 según Ficha) 2= medio (Riesgo 2 según Ficha) 3= impermeable (Riesgo 1 según Ficha)	
Valor asignado = 1	
Pendiente	Pendiente media (1-4°)
Criterio de acuerdo a las pendientes desde la zona de ordeño: 1= sin pendiente (0° a 1°) 2= medio (1° a 4°) 3= importante (> 4°)	
Valor asignado = 2	
Distancia al curso o cuerpo de agua	Medio (200 m-1 km)
1= lejano (mayor a 1 km) 2= media (entre 200m y 1Km) 3= cercano (menor a 200m)	
Valor asignado = 2	
Zona geografica:	Sensibilidad media
Para este criterio hay que considerar si se esta cercano a tomas de agua de OSE, si existen en la zona muchos establecimientos que originan descargas de efluentes, etc 1= Poco sensible 2= Sensibilidad media 3= Muy sensible	
Valor asignado = 2	
Caudal del curso de agua:	Cuerpo de agua de caudal importante
1= Cuerpo de agua de caudal importante: arroyo caudaloso, etc. 2= Medio (cañada de caudal bajo pero que no se "corta" en estiaje) 3= Bajo (tajamar, cuerpo de agua que se corta en estiaje)	
Valor asignado = 1	
Número de Vacas en Ordeño en el establecimiento en alta producción:	nVO > 150
0.5= si el nro de V.O. es menor a 30 0.8= si el nro de V.O. esta entre 30 y 80 1 = si el nro de V.O. esta entre 80 y 150 1.2 = si el nro de V.O. es mayor a 150	
Valor asignado = 1,2	

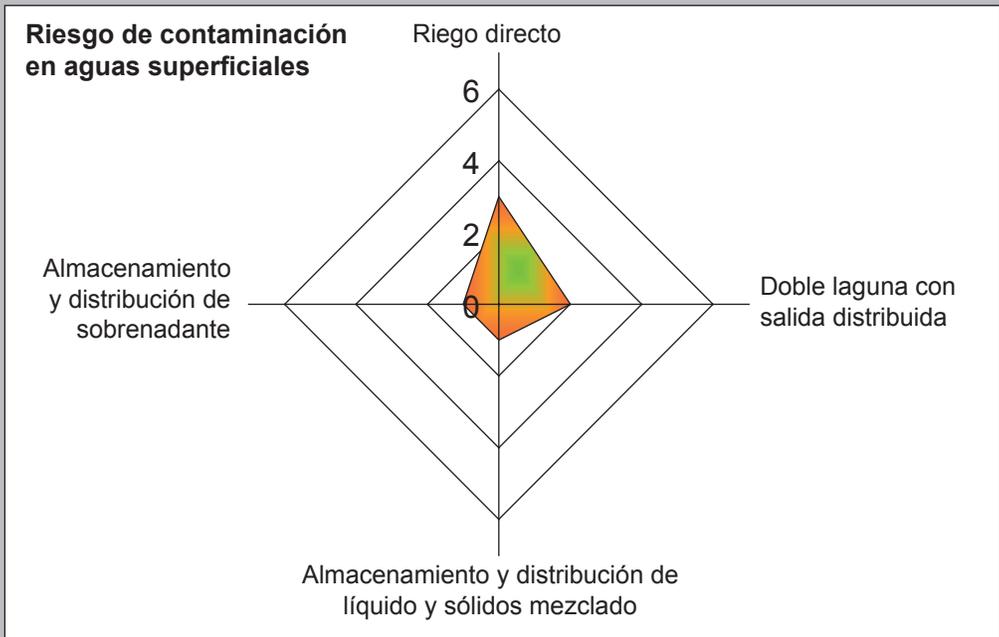
Riesgo asociado a aguas superficiales: 7,68

Índice de riesgo (aguas superficiales) MODERADO

Índice de riesgo (aguas superficiales)	
6 o menor	bajo
6 a 10	moderado
10 a 13	importante
>13	alto

Orden relativo de sistemas de acuerdo con el riesgo obtenido.
AGUAS SUPERFICIALES
 Cuanto mas alto este valor mayor es el riesgo para esa solución

Riego directo	3
Doble laguna con salida distribuida	2
Almacenamiento y distribución de líquido y sólidos mezclado	1
Almacenamiento y distribución de sobrenadante	1



AGUAS SUBTERRÁNEAS

Permeabilidad del suelo	Impermeable
--------------------------------	--------------------

Criterio de acuerdo al tipo de suelo (ver Ficha "Caracterización del suelo del Predio"):

- 1= impermeable (Riesgo 1 según Ficha)
- 2= medio (Riesgo 2 según Ficha)
- 3= permeable (Riesgo 3 según Ficha)

Valor asignado = 1

Zona geográfica	Sensibilidad media
------------------------	---------------------------

Para este criterio hay que considerar si se esta cercano a tomas de agua de OSE, si existen en la zona muchos establecimientos que originan descargas de efluentes, etc.

- 1= Poco sensible
- 2= Sensibilidad media
- 3= Muy sensible

Valor asignado = 2

Altura de la napa freática	Próxima
-----------------------------------	----------------

- 1= Profunda
- 2= Media
- 3= Próxima

Valor asignado = 3

Número de Vacas en Ordeño en el establecimiento en alta producción:	30 < nVO < 80
--	----------------------------

- 0.5= si el nro de V.O. es menor a 30
- 0.8= si el nro de V.O. esta entre 30 y 80
- 1 = si el nro de V.O. esta entre 80 y 150
- 1.2 = si el nro de V.O. es mayor a 150

Valor asignado = 0,8

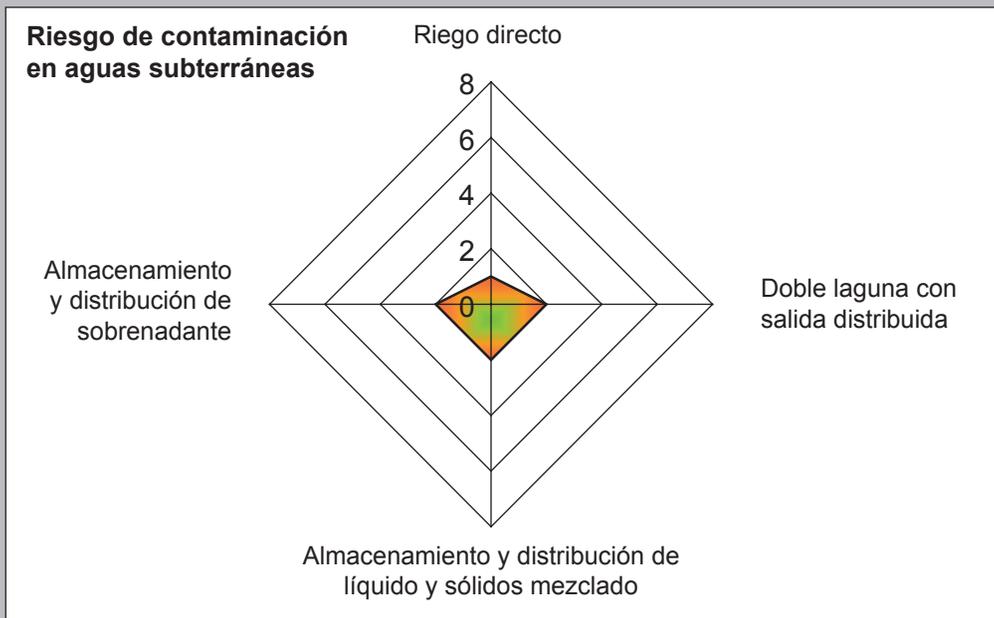
Riesgo asociado a aguas subterráneas:	4,8
---------------------------------------	-----

Índice de riesgo (aguas subterráneas)	BAJO
---------------------------------------	------

Índice de riesgo (aguas superficiales)	
6 o menor	bajo
6 a 9	moderado
más de 9	alto

Orden relativo de sistemas de acuerdo con el riesgo obtenido.
AGUAS SUBTERRÁNEAS
 Cuanto mas alto este valor mayor es el riesgo para esa solución

Riego directo	1	Se asume para los sistemas de almacenamiento y doble laguna que la impermeabilización es adecuada
Doble laguna con salida distribuida	2	
Almacenamiento y distribución de líquido y sólidos mezclado	2	
Almacenamiento y distribución de sobrenadante	2	



Utilización del programa para el dimensionamiento de los diferentes sistemas de manejo.

Requerimientos de Software.

Tener instalado Plug-in Java para Internet Explorer, Ópera u otro navegador Web, dependiendo del Sistema Operativo. Java Runtime Environment (JRE 1.5.0) o superior. Bajar Plug-in desde: <http://www.java.com/es/>

El sistema provisoriamente se encuentra instalado en <http://www.chipsadventure.com/SCMET/scmetest.html>

Generalidades

Objetivo

Asistir a los usuarios en el empleo del programa, y la evaluación de los resultados que el mismo despliega.

El programa “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambos” fue concebido con dos fines:

I) Evaluación del manejo en el ordeño

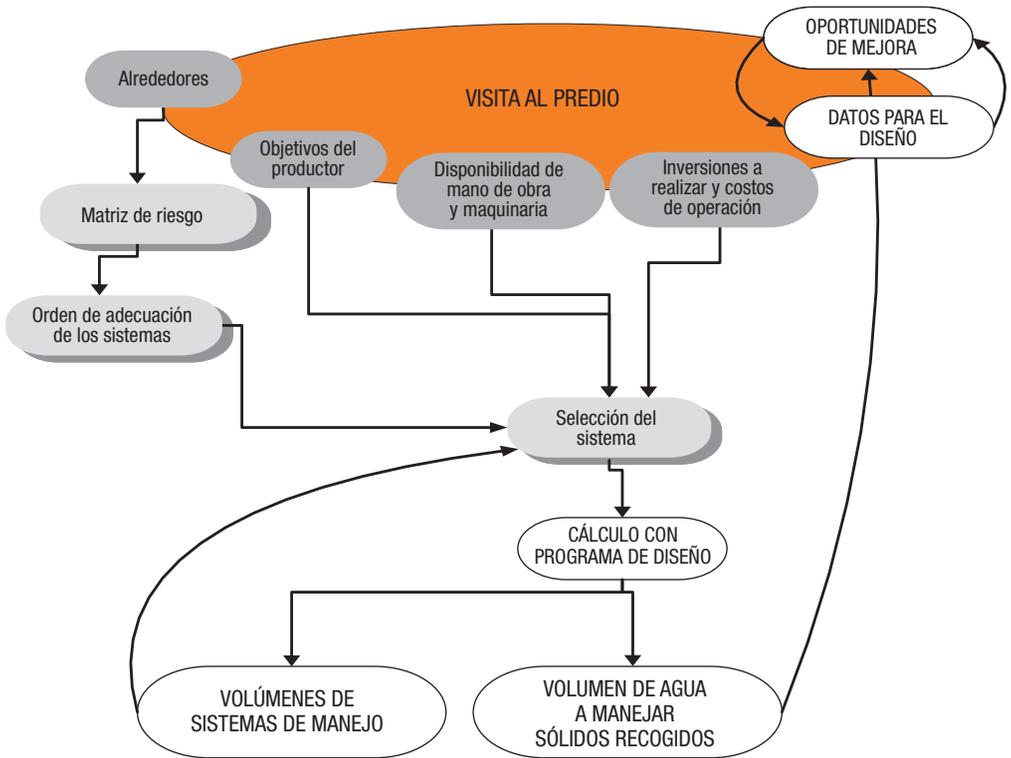
El programa permite ensayar diferentes **condiciones en el ordeño** y evaluar las consecuencias sobre los sólidos recogidos y los volúmenes de líquidos a manejar.

De esta forma se intenta asistir al técnico / productor entre otras cosas, a efectos de **minimizar la descarga**, y así reducir el problema de su manejo. El programa pone de manifiesto oportunidades de mejora, cuando un manejo alternativo puede reducir volúmenes de sistemas o facilitar la operación. Esto se muestra en el **Esquema 1**, en el que las flechas rojas indican cómo interrelacionar los resultados del programa para redefinir el problema o aportar datos para la selección de un sistema de manejo.

Por último, junto con la Ficha “**Valor fertilizante del efluente y barros**” es posible conocer la composición en sólidos y nutrientes del efluente crudo para su empleo en un uso racional de los nutrientes en el tambó, por ejemplo para su uso en sistemas de riego directo o previo almacenamiento.

II) Dimensionamiento de sistemas

El programa permite obtener volúmenes de lagunas de almacenamiento con vertido de licor mezclado, almacenamiento con vertido de sobrenadante clarificado o sistemas de tratamiento parcial de doble laguna.



Esquema 1

Empleo de los datos obtenidos en el Programa en el Proceso de selección de sistemas de manejo

Los datos relevados durante la visita pueden ser introducidos en el programa, para lo cual el mismo está organizado en las siguientes pantallas, como se muestra en la **Figura 1**:

Diseño de sistemas de manejo de efluentes de tambos, Versión 1.0

Tambo | Clima | Características Diseño | Condiciones Alta Producción | Condiciones Baja Producción

Ingreso Información Tambo

Número Organos:

Número de vacas de diseño alta producción: Vacas

Número de vacas de diseño baja producción: Vacas

Manejo de Rodeo

Periodos de concentración de pariciones: Continuo ▼

Meses sin Parición:

Ayuda

Calcular Voltajes

Figura 1 - Vista del Programa cada pestaña abre una pantalla

1. Tambo
2. Clima
3. Características de diseño
4. Condiciones de alta producción
5. Condiciones de baja producción

Se recomienda tener en cuenta la ficha **“Relevamiento de datos”** en la que se explica en profundidad como deben obtenerse cada uno de los valores a introducir en el programa.

Las pantallas se desarrollan todas de igual manera, teniendo todas el siguiente formato:

- descripción del parámetro
- celda para agregar el valor numérico
- unidades correspondientes

Se debe poner especial atención en las unidades en las que debe expresarse cada uno de los valores a introducir para no incurrir en errores.

A su vez se cuenta con un cuadro de ayuda en la parte inferior donde al poseionarse sobre la celda correspondiente se da una breve descripción de los mismos.

Ingreso de datos

Tambo

En esta pantalla se colocan los datos generales del tambo (Figura 1). Se debe colocar los datos que serán válidos durante la vida útil del sistema por lo cual se deben tener en cuenta el crecimiento futuro del sistema lechero.

Número de órganos: ingresar número de órganos en servicio en la sala de ordeño que se posean o proyecten adquirirse. Cuanto mayor el número de órganos menor el tiempo medio de ordeño. Modifíquese este parámetro para evaluar la variación de sólidos recogidos.

Número de vacas de diseño (alta/baja producción): pueden plantearse diferen-

tes escenarios a futuro. Pruébense diferentes condiciones y evalúense los volúmenes a manejar/construir.

Períodos de concentración de pariciones: El régimen de pariciones determina la estacionalidad de la producción. Elegir el régimen más parecido en el predio entre: Si las pariciones son continuas durante todo el año (continuo), si se concentran en una época (uno) o en dos períodos (dos).

Meses sin parición: este dato es necesario para estimar la estacionalidad de la producción al igual que el anterior.

Diseño de sistemas de manejo de efluentes de tambos, Versión 1.0

Tambo | **Clima** | Características Diseño | Condiciones Alta Producción | Condiciones Baja Producción

Ingreso Información Clima

Origen Información Climática:

Altura de Precipitación de Diseño: mm (milímetros)

Altura de Evaporización de Diseño: mm (milímetros)

Ayuda

Calcular Volumen

Figura 2 - Pantalla Clima

Clima

En esta pantalla se tienen dos opciones, para el ingreso de información:

1. No se cuenta con datos climáticos propios del predio. En este caso se selecciona el departamento donde se ubica el predio y el programa estima automáticamente los datos del predio. NO DEBEN LLENARSE LAS CELDAS ALTURA DE PRECIPITACION O DE EVAPORACIÓN DE DISEÑO
2. Si se cuenta con los datos de precipitaciones y evaporaciones del predio. En este caso, se selecciona en lugar del departamento "Datos propios" y se insertan los datos mensuales de evaporación y lluvia promedio para el año en las celdas altura de precipitación o de evaporación de diseño.

Diseño de sistemas de manejo de efluentes de tambos, Versión 1.0

Tambo Clima **Características Diseño** Condiciones Alta Producción Condiciones Baja Producción

Ingreso Información Diseño

Sistema:

Área Recuperación Pluviales: m2

Caudal de diseño: L/MO.d

Caudal de diseño Diario: L/d

Ayuda

Figura 3 - Pantalla Características de diseño general

Características del diseño

En esta pantalla se ingresan los datos que determinan el volumen de agua que ingresa al sistema como son volúmenes de agua utilizada y áreas de pluviales.

Seleccione un sistema: debe elegirse un sistema para diseñar entre los que se despliegan, que son los siguientes:

- Almacenamiento con vertido de sobrenadante n meses y x años. Sistema donde se devuelven al terreno los líquidos acumulados durante un período de n meses y se limpian los barros de fondo cada x años.
- Almacenamiento con vertido de licor mezclado. Sistema donde se vuelven al terreno los líquidos y sólidos mezclados cada n meses.
- Doble laguna. Sistema de laguna anaerobia seguida de laguna facultativa con el objetivo de la remoción parcial de materia orgánica, nutrientes y patógenos.

Area recuperación de pluviales:

Es el área de corral de espera, techos, etc, que recibe aguas pluviales las que finalmente terminan en el sistema de manejo. Debe evaluarse si el agua de techos cae en el corral de espera y si es así debe contársela en el área de recuperación de pluviales. Es importante reducir en la medida de lo posible las contribuciones de techos innecesarias.

Caudal de diseño:

Es la cantidad de agua empleada en el lavado de pisos de corral y sala de ordeño. Debe ingresarse el gasto de agua por vaca y por día (téngase en cuenta que si se lavan dos veces al día el gasto es doble del de un ordeño). Véase Ficha “Estimación de volúmenes de agua vertidos en el sistema de efluentes” para mayor información. Este dato es muy importante para el tamaño de los almacenamientos. Ensáyense varios consumos para ver el resultado de los volúmenes de sistemas.

Un consumo recomendado en general es 50 L/VO/d, pero el consumo real en cada tambo puede ser muy diferente de esto.

Caudal de diseño diario:

Es la suma de los gastos, en litros por día de lavado de máquinas, tanques de frío, placa de enfriado u otros que se proyecte enviar al sistema de manejo, los cuales se producen **en otro momento** que el consumo de agua de lavado ya contado en “caudal de diseño”. Es recomendable no incluir aportes innecesarios. (Ver Ficha “Estimación de volúmenes de agua vertidos en el sistema de efluentes” para mayor información)

Una vez seleccionado el sistema se despliegan las celdas que permiten el dimensionamiento del sistema seleccionado.

Sistema: Almacenamiento con vertido de sobrenadante n meses y x años.
Al seleccionar este sistema se despliega la pantalla de la **Figura 4**.

Figura 4 - Características de diseño para

Tambo Clima Características Diseño Condiciones Alta Producción Condiciones Baja Producción

Ingreso Información Diseño

Sistema: Almacenamiento con vertido de sobrenadante n meses y x años

Área Recuperación Pluviales: m2

Caudal de diseño: L/VO/d

Caudal de diseño Diario: L/d

Características del Sistema de vertido de sobrenadante cada n meses y limpieza de fondo cada x años

Relacion Largo-Ancho del sistema de almacenamiento:

Pendiente interior de los taludes: 1:1

Tiempo entre descargas Sobrenadante: Meses

Tiempo entre limpiezas de fondo : Años

Profundidad de laguna : metros

Altura Franquia : metros

Ayuda

Sistema de almacenamiento donde se vuelven al terreno los líquidos cada un periodo de n meses.

Calcular Volumen

Almacenamiento con vertido de sobrenadante

Relación largo-ancho del sistema de almacenamiento:

Si se desea una laguna cuadrada ingrese 1, para una laguna dos veces más larga que ancha ingrese 2, etc, o valores intermedios según necesidad en ubicación seleccionada.

Pendiente interior de los taludes:

Seleccione vertical, 1:1 para una pendiente de 45 grados, 2:1 para una pendiente de 26.5 grados, 3:1 para 18.4 grados según conveniencia. Véase la ficha "Aspectos constructivos" para mayor información según el tipo de construcción elegida. Cuanto menor la pendiente, mayor el área requerida, y mayor el volumen requerido para contención de pluviales.

Tiempo entre descargas sobrenadante:

Ingrese el número de meses que se

desea acumular el efluente. Modifíquese este valor para evaluar el resultado del volumen del almacenamiento.

Tiempo entre limpiezas de fondo:

Ingrésese el número de años deseado entre limpiezas. Un tiempo razonable son 3 o 4 años, mayor tiempo incrementa el volumen y dificulta la limpieza.

Profundidad de la laguna:

La profundidad puede ser desde 1.5 m. Una profundidad mayor de 3.5 m puede presentar dificultades constructivas.

Altura de franquia:

Ingresar la altura deseada en metros.

Sistema: Almacenamiento con vertido de licor mezclado.

Si se selecciona este sistema se despliega la pantalla que se muestra en la Figura 5.

Tambo | Clima | Características Diseño | Condiciones Alta Producción | Condiciones Baja Producción

Ingreso Información Diseño

Sistema: Almacenamiento con vertido de licor mezclado

Área Recuperación Pluviales: m2

Caudal de diseño: L/VO/d

Caudal de diseño Diario: L/d

Características del sistema de almacenamiento con vertido de licor mezclado cada n meses

Relacion Largo-Ancho del sistema de almacenamiento:

Pendiente interior de los taludes: 1:1

Tiempo entre descargas: Meses

Profundidad de laguna: metros

Altura Franquia: metros

Ayuda

Sistema de almacenamiento donde se vuelven al terreno los líquidos y sólidos mezclados cada un período de n meses.

Calcular Volumen

Figura 5 - Características de diseño para vertido de licor mezclado

Tiempo entre descargas:

Ingrésese el número de meses en que se desea estoquear el licor mezclado

Los demás datos de esta pantalla son análogos a los de la pantalla de Almacenamiento con vertido de sobrenadante n meses y x años y fueron explicados más arriba.

Sistema: Doble laguna

Al seleccionar este sistema se despliega la pantalla de la **Figura 6**.

Se despliegan las características deseadas para la laguna anaerobia y la facultativa.

Diseño de sistemas de manejo de efluentes de tambos, Versión 1.0

Tambo | Clima | **Características Diseño** | Condiciones Alta Producción | Condiciones Baja Producción

Ingreso Información Diseño

Sistema: Doble Laguna

Área Recuperación Pluviales: m2

Caudal de diseño: L/VO/d

Caudal de diseño Diario: L/d

Primer Laguna-Anaerobia

Relación largo-ancho Laguna:

Pendiente interior de los Taludes: 1:1

Tiempo entre limpiezas de fondo: Años

Profundidad de laguna: metros

Altura de franquia: metros

Segunda Laguna-Facultativa

Relación largo-ancho Laguna:

Pendiente interior de los Taludes: 1:1

Profundidad de laguna: metros

Altura de franquia: metros

Ayuda

Doble laguna: Sistema de tratamiento parcial con dos lagunas donde se remueven patógenos, materia orgánica y nutrientes pero no se alcanza la remoción total de los nutrientes ni patógenos apta para el vertido directo a curso de agua. Normalmente la salida no es controlada y el efluente requiere tratamiento posterior como infiltración. debe ser distribuida en el terreno.

Calcular Volumen

Figura 6 - Características de diseño para doble laguna

Laguna anaerobia .Tiempo entre limpiezas de fondo

Ingrésese el número de años deseado entre limpiezas.

Los demás parámetros son análogos a los explicados más arriba en Sistema: Almacenamiento con vertido de sobrenadante n meses y x años.

Condiciones de alta producción

En esta pantalla se ingresan los datos de manejo del ganado en los periodos de alta producción, refiriéndose como esta al mayor número de animales en ordeño y a los mayores valores productivos o de producción de leche. En la **Figura 7** se muestra esta pantalla:

Tambo	Clima	Características Diseño	Condiciones Alta Producción	Condiciones Baja Producción
Ingreso Información Condiciones Alta Producción				
Producción de leche:	<input type="text"/>	Litros por vaca por día (L/VOD)		
Supuesto Digestibilidad de la Ingesta:	<input type="text"/>	%		
Tiempo Total de Ordeño:	<input type="text"/>	Horas/Ordeño		
Tiempo Individual de Ordeño:	<input type="text"/>	Minutos		
Número Lotes Arriados al Área de Ordeño:	<input type="text"/>	Lotes		
Número de Animales en el Primer Lote:	<input type="text"/>	Vacas		
Número de Animales en el Segundo Lote:	<input type="text"/>	Vacas		
Número de Animales en el Tercer Lote:	<input type="text"/>	Vacas		
Tiempo Muerto Primer Lote (min):	<input type="text"/>	minutos		
Tiempo Muerto Segundo Lote (min):	<input type="text"/>	minutos		
Tiempo Muerto Tercer Lote (min):	<input type="text"/>	minutos		
Tiempo que pasan antes o después ordeño:	<input type="text"/>	minutos		

Ayuda

Doble laguna: Sistema de tratamiento parcial con dos lagunas donde se remueven patógenos, materia orgánica y nutrientes pero no se alcanza la remoción total de los nutrientes ni patógenos apta para el vertido directo a curso de agua. Normalmente la salida no es controlada y el efluente requiere tratamiento posterior como infiltración, debe ser distribuida en el terreno.

Figura 7 - Condiciones de alta producción

Producción de leche:

Es la producción media en litros por vaca y por día durante el período de mayor cantidad de animales en ordeño. Una mayor producción de leche es indicativo de mayor generación de sólidos. Empléense valores diferentes para evaluar cómo se ven afectadas las cantidades de sólidos colectados.

Supuesto de digestibilidad:

Es importante llevar registro de la alimentación del rodeo en el presente y a futuro. Cuanto mayor la digestibilidad menor la cantidad de sólidos excretados. Para la evaluación de la digestibilidad de la ingesta puede consultarse la Serie técnica n° 142 de INIA la Estanzuela "Guía para la Alimentación de Rumiantes".

Condiciones de baja producción

En esta pantalla se ingresan los datos de manejo del ganado en los periodos

en que hay la menor cantidad de animales en el tambo y la producción de leche es menor.

Cabe aclarar que en el caso en que las pariciones sean continuas, no se distingue un periodo de alta y baja producción por lo que solo se ingresan los datos en la pantalla de alta producción.

Cálculo

Luego de ingresar todos los datos se presiona el botón "Calcular" y se obtiene como resultado las dimensiones y parámetros característicos del sistema seleccionado.

Si se detecten para algunos parámetros valores que se aparten de los recomendados, el programa puede realizar sugerencias o propuestas o indicaciones para modificarlos o corregirlos.

En caso de que estos valores se aparten mucho de lo recomendado y por ellos se puedan generar diseños inadecuados, el programa podrá invalidar el cálculo.

En dichos casos se recomienda estudiar cuidadosamente la posibilidad de modificar dichos parámetros recalculando las características del sistema seleccionado.

Ejemplo de aplicación

Considérese un tambo donde se ordeñan 150 vacas en los meses de alta producción y 60 V.O. en los de baja. El tambo tiene 6 órganos de extracción de leche y hay un período de pariciones anuales. Durante 4 meses no hay pariciones.

Estos datos son los que se utilizan para completar la primer pantalla del programa denominada "Tambo". Una vez completa la pantalla se debería de ver como la **Figura 1**.

The screenshot shows a software window titled "Tambo" with several tabs: "Tambo", "Clima", "Características Diseño", "Condiciones Alta Producción", and "Condiciones Baja Producción". The "Tambo" tab is active, displaying the "Ingreso Información Tambo" form. The form contains the following fields:

- Número Órganos:** Input field with the value "60".
- Número de vacas de diseño alta producción:** Input field with the value "150" and the label "Vacas".
- Número de vacas de diseño baja producción:** Input field with the value "60" and the label "Vacas".
- Manejo de Rodeo:** A section containing:
 - Periodos de concentración de pariciones:** A dropdown menu with "Uno" selected.
 - Meses sin Parición:** Input field with the value "4".

At the bottom of the window, there is a "Ayuda" button on the left and a "Calcular Volúmenes" button on the right.

Figura E1 - Características del tambo.

La pantalla siguiente es para introducir las condiciones climáticas. En este caso como no se tienen datos particulares de la zona donde se encuentra el establecimiento, se colocan los datos del departamento donde se encuentra. Para ello en la ventana "Origen de la información climática" se selecciona por ejemplo "Colonia" si el establecimiento estuviera en este departamento. La **Figura 2** muestra como se debería de ver la pantalla en este caso.

The screenshot shows a software window with five tabs: 'Tambo', 'Clima', 'Características Diseño', 'Condiciones Alta Producción', and 'Condiciones Baja Producción'. The 'Clima' tab is active, displaying the 'Ingreso Información Clima' section. It includes a dropdown menu for 'Origen Información Climática' set to 'Colonia', and two input fields for 'Altura de Precipitación de Diseño' and 'Altura de Evaporación de Diseño', both with units in 'mm (milímetros)'.

Figura E2 - Características meteorológicas de la zona

Para el tambo del ejemplo se va a diseñar un sistema de laguna de acumulación con vertido del sólido y del líquido (licor mezclado) cada 4 meses. El área de recolección de agua de lluvia es de 150m^2 . En el lavado de tanques, fuera del momento del ordeño se gastan de 100 litros más de agua por ordeño (L por día).

En los meses de alta producción se gastan 50L de agua por vaca en ordeño día.

Las pendientes de la laguna tendrán una relación de 2:1 y la relación largo ancho de la laguna es de el largo igual a 4 veces el ancho por razones de espacio. La profundidad del líquido en la laguna es de 3m y se toma la franquía de 0.5m recomendada. Estos datos se completan en la pantalla "Características del diseño" la que se vera según lo mostrado en la **Figura 3**.

The screenshot shows the same software window with the 'Características Diseño' tab active. The 'Ingreso Información Diseño' section is visible. It includes a dropdown menu for 'Sistema' set to 'Almacenamiento con vertido de licor mezclado'. Below are input fields for 'Área Recuperación Pluviales' (150 m²), 'Caudal de diseño' (50 L/MO/d), and 'Caudal de diseño Diario' (100 L/d). A text box contains the note: 'Características del sistema de almacenamiento con vertido de licor mezclado cada n meses'. Below this are dropdowns for 'Relación Largo-Ancho del sistema de almacenamiento' (empty), 'Pendiente interior de los taludes' (1:1), and input fields for 'Tiempo entre descargas' (4 Meses), 'Profundidad de laguna' (3 metros), and 'Altura Franquía' (0.5 metros).

Figura E3 - Características de diseño

En los meses de alta producción el ordeño es en un lote. Existe un tiempo muerto de 15 minutos. La producción media de leche por vaca en este periodo es de 20L y la digestibilidad de la ingesta es de aproximadamente 70 %. El ordeño dura 2 horas y media. Esta información se utiliza para completar la pantalla “Condiciones Alta producción”, la Figura 4 muestra como se ve la pantalla una vez ingresado los datos.

Para este sistema de almacenamiento en particular, los datos de las pantallas Condiciones de alta y baja producción no afectan significativamente el volumen de laguna, pues el mismo está dado por el volumen de agua y las precipitaciones. Sin embargo, la información de estas pantallas tiene importancia tanto para los dimensionamientos de los otros sistemas como para evaluar el manejo del rodeo.

Etiqueta	Valor	Unidad
Producción de leche:	20	Litros por vaca por día (L/VOD)
Supuesto Digestibilidad de la Ingesta:	70	%
Tiempo Total de Ordeño:	2.5	Horas/Ordeño
Tiempo Individual de Ordeño:	8	Minutos
Número Lotes Arriados al Area de Ordeño:	1	Lotes
Número de Animales en el Primer Lote:	150	Vacas
Número de Animales en el Segundo Lote:	0	Vacas
Número de Animales en el Tercer Lote:	0	Vacas
Tiempo Muerto Primer Lote (min):	15	minutos
Tiempo Muerto Segundo Lote (min):	0	minutos
Tiempo Muerto Tercer Lote (min):	0	minutos
Tiempo que pasan antes o después ordeño:	0	minutos

Figura E4 - Condiciones Alta producción

En los meses de baja producción el ordeño es en un lote. Existe un tiempo muerto de 20 minutos. La producción media de leche por vaca en este periodo es de 16L y la digestibilidad de la ingesta es de aproximadamente 65%. El ordeño dura 2 horas. Esta información se utiliza para completar la pantalla “Condiciones Baja producción”, la Figura 5 muestra como se ve la pantalla una vez ingresado los datos.

Etiqueta	Valor	Unidad
Producción de leche:	16	Litros por vaca por día (L/VOD)
Supuesto Digestibilidad de la Ingesta:	65	%
Tiempo Total de Ordeño:	2	Horas/Ordeño
Tiempo Individual de Ordeño:	8	Minutos
Número Lotes Arriados al Area de Ordeño:	1	Lotes
Número Animales en el Primer Lote:	60	Vacas
Número Animales en el Segundo Lote:	0	Vacas
Número Animales en el Tercer Lote:	0	Vacas
Tiempo Muerto Primer Lote (min):	15	minutos
Tiempo Muerto Segundo Lote (min):	0	minutos
Tiempo Muerto Tercer Lote (min):	0	minutos
Tiempo que pasan antes o después del ordeño:	0	minutos

Figura E5 - Condiciones baja producción

Una vez ingresados todos los datos solicitados por el programa, se presiona el botón en pantalla “**Calcular Volumen**”. Luego de unos segundos se muestra en pantalla un cuadro con los resultados obtenidos. Para el ejemplo descrito los resultados desplegados son los mostrados en la **Figura E6**. Ensáyense otros consumos de agua para evaluar como se modifica el volumen de almacenamiento (por ejemplo si se usaran 70L/VO/d resultará una laguna de 1900 en vez de 1400 m³). Igualmente otras pendientes de taludes afectarán el volumen requerido. De haberse elegido otro de los sistemas, los sólidos acumulados tienen mayor incidencia en el volumen.

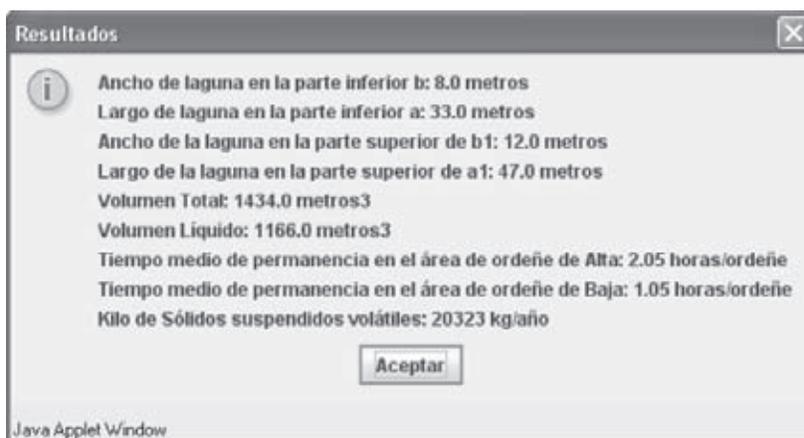


Figura E6 - Resultados desplegados

Para emplear el programa con fines de evaluar **el manejo actual del rodeo**, y cómo impactarán posibles cambios en la cantidad de sólidos a manejar, así como conocer la cantidad de nutrientes, igualmente debe seleccionarse cualquier sistema para que el programa complete el cálculo y despliegue el resultado de interés.

Por ejemplo, si en el tambo del ejemplo se manejara el rodeo en 2 lotes de 80 y 70 vacas durante el período de alta producción, para iguales condiciones que antes, se cambia en la pantalla Condiciones Alta producción como se muestra en la **Figura E7** y se calcula el volumen presionando la tecla correspondiente (Calculadora)

Tambo	Clima	Características Diseño	Condiciones Alta Producción	Condiciones Baja Producción
Ingreso Información Condiciones Alta Producción				
Producción de leche:	<input type="text" value="20"/>	Litros por vaca por día (L/VOD)		
Supuesto Digestibilidad de la Ingesta:	<input type="text" value="70"/>	%		
Tiempo Total de Ordeño:	<input type="text" value="2.5"/>	Horas/Ordeño		
Tiempo Individual de Ordeño:	<input type="text" value="8"/>	Minutos		
Número Lotes Arriados al Área de Ordeño:	<input type="text" value="2"/>	Lotes		
Número de Animales en el Primer Lote:	<input type="text" value="80"/>	Vacas		
Número de Animales en el Segundo Lote:	<input type="text" value="70"/>	Vacas		
Número de Animales en el Tercer Lote:	<input type="text" value="0"/>	Vacas		
Tiempo Muerto Primer Lote (min):	<input type="text" value="15"/>	minutos		
Tiempo Muerto Segundo Lote (min):	<input type="text" value="0"/>	minutos		
Tiempo Muerto Tercer Lote (min):	<input type="text" value="0"/>	minutos		
Tiempo que pasan antes o después ordeño:	<input type="text" value="0"/>	minutos		

Ayuda

Doble laguna: Sistema de tratamiento parcial con dos lagunas donde se remueven patógenos, materia orgánica y nutrientes pero no se alcanza la remoción total de los nutrientes ni patógenos apta para el vertido directo a curso de agua. Normalmente la salida no es controlada y el efluente requiere tratamiento posterior como infiltración, debe ser destribuida en el terreno.

Figura E7 - Evaluando modificaciones de manejo

Para ésta nueva situación hemos destacado solo los resultados que interesan a estos efectos mostrados por el programa serán los que se muestran en la Figura E8:

Resultados ✕

Ancho de laguna en la parte inferior b: 10.0 metros

Largo de laguna en la parte inferior a: 39.0 metros

Ancho de la laguna en la parte superior de b1: 13.0 metros

Largo de la laguna en la parte superior de a1: 53.0 metros

Volumen Total: 1844.0 metros³

Volumen Líquido: 1509.0 metros³

Tiempo medio de permanencia en el área de ordeño de Alta: 1.1 horas/ordeño

Tiempo medio de permanencia en el área de ordeño de Baja: 1.05 horas/ordeño

Kilo de Sólidos suspendidos volátiles: 13152 kg/año

Figura E8 - Resultados de modificar el manejo empleando 2 Lotes

Véase cómo se redujeron significativamente los sólidos a manejar comparando las Figuras E6 y E8.

Consideraciones a propósito de la estimación del volumen de agua utilizada o requerida para ordeño y limpieza de instalaciones, que va hacia el sistema de manejo de efluentes.

Cabe aclarar que en esta ficha no se tienen en cuenta los aportes de las aguas pluviales. Para la explicación de los cálculos de dichos volúmenes de agua véase la Ficha N° 11.

Generalidades

Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento se debe tener en cuenta todos los aportes de agua que son conducidos hacia el sistema de manejo. En general, el principal consumo de agua es el que resulta del lavado de pisos de corral y sala de ordeño.

Es posible diferenciar dos tipos de gastos de agua que eventualmente terminan en el sistema de manejo:

- a) Los que en general dependen del número de vacas y se expresan mejor como **agua consumida por vaca en ordeño**. Lo llamaremos Caudal de diseño y se expresará en litros por vaca en ordeño y por día. Estos son:
 - lavado de pisos de corral y sala de ordeño (símbolo Q)
 - Lavado de ubres (símbolo Q_{ubres})

En el Programa “**Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo**”, este consumo se denomina “**Caudal de diseño**”, y es la suma de los consumos de lavado de pisos y de ubres.

$$\text{Caudal de Diseño} = Q + Q_{ubres}$$

- b) Los que son independientes del número de animales. Lo llamaremos “**Caudal de diseño diario**” y se expresa en litros por día. Estos son:
 - lavado de Máquinas (Q_m)
 - lavado de Tanque de Frío (Q_{tk})
 - Placa de Enfriado (Q_e)
 - otros (Q_o)

Es deseable que estos aportes sean debidamente estimados para llegar a un dimensionamiento lo más correcto posible.

Lavado de pisos y sala de ordeño (Q)

Existen varias posibilidades para medir el volumen de agua utilizado en el lavado de pisos y sala de ordeño. En esta ficha presentaremos la más sencilla.

Método de determinación del volumen de agua de lavado de instalaciones

Tómese el tiempo medio de lavado t_L (minutos) como el tiempo en que está fluyendo agua a través de la manguera de lavado de pisos e instalaciones durante 1 ordeño.

Anótese el número de vacas que fueron ordeñadas (nVO) el día de la medida.

Al finalizar el lavado, mídase el caudal de la manguera. Para ello se llena un tanque de volumen conocido V_t (litros) del orden de los 100-200 litros, contabilizando el tiempo que demora en llenarse t_m (segundos). Es deseable repetir las medidas y hallar un promedio.

Se calcula **Q**, el volumen de agua utilizado para el lavado de las instalaciones, como:

$$Q(\text{litros/vaca/día}) = \frac{2 V_t \times t_l \times 60}{t_m \times nVO}$$

El 2 se refiere a que hay 2 ordeños por día y 60 al pasaje de segundo a minutos del tiempo de llenado del recipiente.

El volumen de agua para lavado varía de predio a predio, por lo que debe ser determinado para cada caso.

Un caudal de agua razonable para el lavado de la sala de ordeño y corral de espera es de 50-60 L/VO/d. En caso de que el volumen medido sea mucho mayor, debería estudiarse la posibilidad de reducirlo (Ver ficha técnica "Caracterización y minimización de la descarga").

Lavado de ubres (Q_{ubres})

En general el agua de lavado de ubres tiene como destino final el sistema de manejo de efluentes. Si bien este volumen no es tan significativo, es deseable que sea considerado como un aporte.

Se puede determinar este volumen de manera similar a como se estimó el caudal de agua de lavado, suponiendo que el agua utilizada para el lavado de ubre de cada vaca es aproximadamente igual.

Método de determinación de volumen de agua de lavado de ubres

Se toma el tiempo en el que se lava una ubre t_u (en segundos). Se puede repetir la operación para tener un dato más preciso y luego hacer un promedio de estos valores t_{um} (segundos).

También se debe evaluar el caudal instantáneo de la manguera de lavado de

ubres llenando un tanque de volumen conocido V_t (litros), contabilizando el tiempo que demora en llenarse t_m (segundos). Es deseable repetir las medidas y hallar un promedio.

Con estos datos se calcula Q_{ubres} , volumen utilizado para el lavado de ubres, como:

$$Q_{ubres}(\text{litros/vaca/día}) = \frac{2 V_t * t_{um}}{t_m}$$

El 2 se refiere a que hay 2 ordeños por día.

Dado que este consumo de agua no varía tanto entre predio y predio, en caso de no poder realizar la medida el mismo se puede estimar en 5 Litros/vaca/día.

Circulación de agua en los tanques de frío

En algunos predios se utiliza agua como refrigerante del tanque de frío. En estos casos el agua de enfriamiento generalmente escurre por la planchada y finaliza escurriendo con igual destino que el agua de lavado de los corrales. En este caso este volumen debe ser considerado como un aporte al sistema de manejo de efluentes.

Recomendación: *El agua de enfriamiento de tanques es un agua que no está en contacto con agentes contaminantes. En general se trata de agua limpia que recorre un circuito cerrado por lo que se recomienda fuertemente su captación y reutilización.*

Otros aportes

De existir otros aportes al sistema de manejo de efluentes (sin tener en cuenta los pluviales) estos deben ser debidamente identificados y cuantificados.

Dentro de estos “otros aportes” se pueden incluir el lavado de maquinaria y los tanques de frío y cualquier contribución significativa que se produzca sistemáticamente en el tambo.

De lo anterior resulta que el “**caudal de diseño diario**” es la suma de cada uno de los aportes **que se proyecten incluir en el sistema de manejo de efluentes**. Si se proyectara incluir todos los anteriores el “Caudal de diseño diario” sería:

$$\text{Caudal de diseño diario} = Q_m + Q_{tk} + Q_e + Q_o$$

Consideración de las aguas pluviales como aporte a los distintos elementos de recolección de efluentes

Generalidades

Las aguas pluviales constituyen uno de los aportes a los distintos elementos de recolección de efluentes en la zona de influencia de la sala de ordeño. Partimos de la base de que el diseño de la zona de ordeño es adecuado y lógico, por lo que sólo se consideran las aguas pluviales que caen directamente sobre el sistema considerado (corral de espera, piletas). Las aguas pluviales del techo de la sala de ordeño, caminos de acceso, zonas laterales a las piletas y corral de espera deberán, en lo posible, evacuar por pendientes laterales directamente al terreno.

Objetivo

Se busca dotar al responsable del diseño del sistema de un método de cálculo sencillo para estimar el aporte de aguas pluviales al mismo.

La información meteorológica explicada en esta ficha está contenida en el Programa “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo”, y éste la considera automáticamente al seleccionar el Departamento y el sistema elegido.

Información de base

Existen registros de aguas pluviales en el país desde hace casi 100 años, recogidos en distintas estaciones pluviométricas y meteorológicas en todo el territorio. Estos datos están disponibles en Meteorología en forma de banco de datos para las estaciones meteorológicas (www.meteorologia.com.uy/estadistica_climat.htm#).

La información que usaremos de base es un mapa de isoyetas de precipitación media mensual, la cual presenta valores tomados en el período 1961-1990 (tomado del curso de grado de Hidrología Aplicada de Facultad de Ingeniería) (ver Anexo).

Método

Tomando como base la información antemencionada, se confeccionó un mapa de valores medios de precipitaciones mensuales para cada Departamento. (Figura N°1, Anexo)

Se puede confeccionar, para el dimensionamiento de almacenamientos, el siguiente cuadro (Cuadro N°1) de precipitaciones a considerar para el dimensionado de las piletas según el Departamento considerado y el período de acumulación de efluentes seleccionado.

Departamento	Pdiseño 1 mes	Pdiseño 2 meses	Pdiseño 3 meses	Pdiseño 4 meses	Pdiseño 5 meses	Pdiseño 6 meses
Montevideo	113	107	102	97	93	92
Canelones	118	112	107	101	98	96
San José	115	110	104	99	96	94
Maldonado	118	112	107	101	98	96
Colonia	113	107	102	97	93	92
Soriano	115	110	104	99	96	94
Flores	119	113	108	102	99	97
Florida	124	118	113	107	103	101
Rocha	118	112	107	101	98	96
Durazno	128	122	116	110	106	104
Treinta y Tres	131	124	118	112	108	106
Cerro Largo	141	134	128	121	117	115
Lavalleja	124	118	113	107	103	101
Tacuarembó	136	130	127	123	122	119
Rivera	149	142	138	135	133	130
Artigas	170	165	160	155	150	145
Salto	156	151	147	142	137	133
Paysandú 1	47	143	139	134	129	125
Río negro	140	136	132	127	123	119

CUADRO N°1

Precipitaciones de diseño para almacenamientos en mm/mes por Departamento, según el período de almacenamiento adoptado (mensual, bimensual o trimestral, etc.).

Para su confección, se consideraron períodos de acumulación de efluentes posibles en el sistema de 1 a 6 meses, y una cobertura de dos desvíos estándar para cubrir eventuales variaciones ocasionales.

Ejemplo

Para un tambo ubicado en Florida, cuyo período de limpieza de piletas es o sea bimensual.

Departamento = Florida

T_{limpieza} = 2 meses

Del Cuadro 1, obtenemos

P_{diseño} = 118 mm/mes

El programa “**Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo**”, calcula internamente, de acuerdo al Cuadro N°1 P_{diseño} al elegir el Departamento.

NO ES NECESARIO INGRESAR EL VALOR de P_{diseño} EN EL PROGRAMA. Sólo en el caso de contar con datos propios más confiables que los que aquí aparecen, se deberá elegir la opción Datos Propios que figura en la lengüeta Clima/Origen Información Climática/

Anexo

Metodología empleada para la confección del Cuadro N° 1

Del mapa de isoyetas de precipitación mensual media (mm/mes) tomamos valores medios de precipitación para cada departamento, ver Fig. 1A.



Fig. 1A - Isoyetas de valores medios por mes y valores medios estimados por Departamento.

Considerando suficiente una cobertura de **dos desvíos estándar** para cada región y cada período de limpieza, se confecciona luego el Cuadro 1A, que permite calcular los coeficientes de corrección como:

$$F_{\text{corr}} = 1 + 2x(\text{STD EV})$$

Los mismos se muestran en el Cuadro 2A .

MENSUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA	STDEV
SUR	1.00	1.14	1.18	0.77	0.83	0.98	1.20	1.06	1.08	0.98	0.91	0.87	1.00	0.14
NE	1.08	1.09	1.19	1.00	0.93	0.79	1.03	0.80	1.05	1.09	1.05	0.90	1.00	0.12
NW	1.04	1.19	1.34	1.11	0.98	0.73	0.68	0.81	0.98	1.14	1.14	1.05	1.00	0.22
BIMENSUAL	ENE-FEB	FEB-MAR	MAR-ABR	ABR-MAY	MAY-JUN	JUN-JUL	JUL-AGO	AGO-SET	SET-OCT	OCT-NOV	NOV-DIC	DIC-ENE	MEDIA	STDEV
SUR	1.07	1.16	0.96	0.80	0.91	1.09	1.13	1.07	1.03	0.95	0.89	0.94	1.00	0.11
NE	1.09	1.14	1.10	0.97	0.86	0.91	0.92	0.93	1.07	1.07	0.98	0.99	1.00	0.09
NW	1.12	1.27	1.23	1.05	0.86	0.71	0.65	0.80	1.06	1.14	1.10	1.05	1.00	0.20
TRIMESTRAL	ENE-MAR	FEB-ABR	MAR-MAY	ABR-JUN	MAY-JUN	JUN-JUL	JUL-AGO	AGO-SET	SET-NOV	OCT-DIC	NOV-ENE	DIC-FEB	MEDIA	STDEV
SUR	1.11	1.03	0.93	0.85	1.00	1.08	1.11	1.04	0.99	0.92	0.93	1.00	1.00	0.08
NE	1.12	1.09	1.04	0.91	0.92	0.87	0.96	0.98	1.06	1.01	1.01	1.02	1.00	0.08
NW	1.19	1.21	1.14	0.94	0.80	0.67	0.76	0.91	1.09	1.11	1.08	1.09	1.00	0.18
CUATRIMESTRAL	ENE-ABR	FEB-MAY	MAR-JUN	ABR-JUL	MAY-AGO	JUN-SET	JUL-OCT	AGO-NOV	SET-DIC	OCT-ENE	NOV-FEB	DIC-MAR	MEDIA	STDEV
SUR	1.02	0.98	0.94	0.95	1.02	1.08	1.08	1.01	0.96	0.94	0.98	1.05	1.00	0.05
NE	1.09	1.05	0.98	0.94	0.89	0.92	0.99	1.00	1.02	1.03	1.03	1.07	1.00	0.05
NW	1.17	1.16	1.04	0.89	0.75	0.75	0.85	0.97	1.08	1.09	1.11	1.16	1.00	0.16
QUINTIMESTRAL	ENE-MAY	FEB-JUN	MAR-JUL	ABR-AGO	MAY-SET	JUN-OCT	JUL-NOV	AGO-DIC	SET-ENE	OCT-FEB	NOV-MAR	DIC-ABR	MEDIA	STDEV
SUR	0.98	0.98	0.99	0.97	1.03	1.06	1.05	0.98	0.97	0.98	1.02	0.99	1.00	0.03
NE	1.06	1.00	0.99	0.91	0.92	0.95	1.00	0.98	1.03	1.04	1.06	1.05	1.00	0.05
NW	1.13	1.07	0.97	0.82	0.80	0.83	0.91	0.98	1.07	1.11	1.15	1.15	1.00	0.13
SEMESTRAL	ENE-JUN	FEB-JUL	MAR-AGO	ABR-SET	MAY-NOV	JUN-DIC	JUL-ENE	AGO-SET	SET-FEB	OCT-MAR	NOV-ABR	DIC-MAY	MEDIA	STDEV
SUR	0.98	1.02	1.00	0.99	1.02	1.04	1.02	0.98	1.00	1.01	0.98	0.97	1.00	0.02
NE	1.01	1.01	0.96	0.93	0.95	0.97	0.99	1.00	1.04	1.07	1.05	1.03	1.00	0.04
NW	1.07	1.01	0.91	0.85	0.85	0.88	0.93	0.99	1.09	1.15	1.15	1.12	1.00	0.11

CUADRO 1A - Coeficientes de corrección según el período del año. Desvíos estándar según el período de limpieza adoptado (mensual, bimensual o trimestral , etc..

	1 mes	2 meses	3 meses	4 meses	5 meses	6 meses
SUR	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04
NE	1.24	1.18	1.15	1.12	1.10	1.09
NW	1.44	1.40	1.36	1.31	1.27	1.23

CUADRO 2A - Coeficientes de corrección F_{corr} según la región y el período de limpieza adoptado.

Dados los valores de precipitaciones medias para cada Departamento, podemos entonces calcular las precipitaciones de diseño $P_{diseño}$, de acuerdo con el Cuadro 3A, como:

$$P_{diseño} = P \times F_{corr}$$

Cabe notar, que podría darse una información más detallada por Departamento, dado que existen diferencias de precipitaciones medias importantes dentro de un mismo Departamento (son del orden de las que incluimos por diferencia de período de limpieza). Por ejemplo, dando como dato de entrada el punto cardinal de ubicación del predio relativo al Departamento.

Departamento	P mm/mes	F _{corr} 1 mes	F _{corr} 2 meses	F _{corr} 3 meses	F _{corr} 4 mes	F _{corr} 5 meses	F _{corr} 6 meses	P _{diseño} 1 mes	P _{diseño} 2 meses	P _{diseño} 3 meses	P _{diseño} 4 meses	P _{diseño} 5 meses	P _{diseño} 6 meses	
SUR	Montevideo	88	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	113	107	102	97	93	92
	Canelones	92	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	118	112	107	101	98	96
	San José	90	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	115	110	104	99	96	94
	Maldonado	92	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	118	112	107	101	98	96
	Colonia	88	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	113	107	102	97	93	92
	Soriano	90	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	115	110	104	99	96	94
	Flores	93	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	119	113	108	102	99	97
	Florida	97	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	124	118	113	107	103	101
	Rocha	92	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	118	112	107	101	98	96
	Durazno	100	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	128	122	116	110	106	104
	Treinta y Tres	102	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	131	124	118	112	108	106
	Cerro Largo	110	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	141	134	128	121	117	115
	Lavalleja	97	1.28	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04	124	118	113	107	103	101
NE	Tacuarembó	110	1.24	1.18	1.15	1.12	1.10	1.09	136	130	127	123	122	119
	Rivera	120	1.24	1.18	1.15	1.12	1.10	1.09	149	142	138	135	133	130
NW	Artigas	118	1.44	1.40	1.36	1.31	1.27	1.23	170	165	160	155	150	145
	Salto	108	1.44	1.40	1.36	1.31	1.27	1.23	156	151	147	142	137	133
	Paysandú	102	1.44	1.40	1.36	1.31	1.27	1.23	147	143	139	134	129	125
Rio negro	97	1.44	1.40	1.36	1.31	1.27	1.23	140	136	132	127	123	119	

CUADRO 3A - Precipitaciones de diseño por Departamento, según el período de almacenamiento adoptado (mensual, bimensual, etc).

Estudio de la evaporación en los distintos elementos del sistema de manejo de efluentes.

Generalidades

Los efluentes con destino al sistema de manejo están sujetos a evaporación durante el lapso entre limpiezas de los mismos.

Esta evaporación reduce el volumen de efluentes a tratar y debe ser calculado para el dimensionado de las distintas piletas.

Objetivo

Se busca dotar al responsable del diseño de piletas de efluentes de un método sencillo de estimación de las pérdidas de efluentes por evaporación.

La información meteorológica explicada en esta ficha está contenida en el Programa “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo”, y éste la considera automáticamente al seleccionar el Departamento y el sistema elegido.

Información de base

Existen registros de evaporación en el país tomados en distintas estaciones en todo el territorio. La información que usaremos de base es un cuadro de evaporación según el mes del año, el cual presenta datos tomados o relevados hasta el año 1988, en estaciones con tanques tipo A (tomado del curso de grado de Hidrología Aplicada de Facultad de Ingeniería) Cuadro N°1A en Anexo.

Método

A partir del cuadro de evaporación mencionado, se estimaron valores de evaporación por Departamento, asignando para ello distintos valores según el caso:

- el valor de la estación cuando ésta reside en el Departamento
- el valor promedio de estaciones cuando el Departamento tiene más de una estación (Artigas y Paysandú)
- el valor promedio de los Departamentos limítrofes cuando el Departamento no tiene estaciones (Maldonado, Florida, Durazno, Cerro Largo, Lavalleja y Rivera).

Se observa claramente en dicho cuadro (ver Anexo), que hay dos períodos estacionales (o semestrales) netamente diferenciados en cuanto a la evaporación: de Abril a Setiembre y de Octubre a Marzo.

Para pasar de los valores del tanque A al diseño de piletas se utiliza el coeficiente reductor de 0.7, recomendado para embalses.

En base a ello, se confeccionó el Cuadro N°1, con valores propuestos de Evaporación de diseño según el Departamento y el período del año considerados.

por Dep mm/mes	Evaporación media	
	ABR-SEP	OCT-MAR
Montevideo	50	121
Canelones	48	128
San José	44	123
Maldonado	50	128
Colonia	47	128
Soriano	62	163
Flores	51	133
Florida	48	128
Rocha	53	128
Durazno	56	141
Treinta y Tres	56	138
Cerro Largo	60	146
Lavalleja	52	131
Tacuarembó	64	154
Rivera	64	151
Artigas	63	147
Salto	54	136
Paysandú	64	158
Río Negro	52	141

CUADRO N° 1 - Evaporaciones medias para el diseño por Departamento, según el semestre considerado (en mm/mes).

En este caso, se consideró adecuado tomar valores medios, sin coberturas.

Cabe señalar, que el tener dos comportamientos estacionales de evaporación muy diferentes tiene un importante significado en los tiempos de limpieza o vaciado ya que los mismos deben considerar estas variaciones. Deben emplearse las condiciones más desfavorables a la hora de dimensionar almacenamientos, esto es, las condiciones de invierno.

Anexo

Metodología empleada para la confección del Cuadro N°1

mm/día	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ARTIGAS	9.1	6.7	5.8	4.1	2.8	2.1	2.5	3.2	4.2	5.6	6.8	8.8
AZUCITRUS	9.2	7.7	6	3.7	3.1	2.7	2.6	2.3	4.3	5.8	7.7	9.3
BELLA UNIÓN	8.4	6	5.1	3.6	2.5	1.8	1.9	3	3.9	5.8	6.7	8.3
CARMELO	7.3	6.5	4.8	3.1	2	1.3	1.5	2.2	3.2	5.1	5.5	7.1
EL COLORADO	7.3	6.3	4.9	3	2.2	1.3	1.5	2.2	3.2	4.6	5.8	7.2
LIBERTAD	7.5	6.4	5.2	3	2	1.5	1.2	2.1	2.5	4.1	4.9	6.7
MELO	8	6.5	5.1	3.5	2.4	1.8	1.9	2.5	3.7	4.9	5.9	7.3
MERCEDES	10	8.2	6.3	3.7	2.7	1.9	2.1	3	4	5.8	6.8	8.9
PAYSANDU	9.1	8.2	6.1	3.6	2.7	1.9	2.2	2.8	4.1	5.5	6.6	8.3
PRADO	7.1	6	4.3	3.2	2.4	1.5	1.7	2.1	3.2	4.5	5.5	6.8
ROCHA	7.4	6.4	4.9	3.3	2.5	1.6	1.8	2.4	3.3	4.8	5.5	7.1
SALTO	8	6.5	5.3	3.1	2.4	1.7	1.8	2.6	3.5	5	6.1	7.6
TACUAREMBO	9.2	6.8	5.8	3.7	2.9	2	2.3	2.9	4.2	5.8	7.1	8.7
TREINTA Y TRES	8.4	6.6	5.3	3.6	2.5	1.8	1.9	2.5	3.5	4.8	6.1	7.8
TRINIDAD	7.9	6.8	5.2	3.3	2.3	1.5	1.7	2.4	3.3	4.6	5.7	7.4
YOUNG	8.2	6.9	5.5	3.2	2.2	1.5	1.9	2.4	3.5	5	6.1	8.1

CUADRO N°1A - Evaporaciones de diseño por Estación, según el mes considerado (en mm/día). Notas de curso de Hidrología Aplicada, Facultad de Ingeniería. UdelaR
Fuente: Dirección Nacional de Meteorología.

por Dep mm/mes													ABR-SEP		OCT-MAR	
	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	E _{media}	desv _{id}	E _{media}	desv _{id}
Montevideo	67	52	32	37	46	67	98	116	148	154	118	93	50	15	121	25
Canelones	83	48	27	33	48	67	100	122	156	158	123	106	48	16	128	25
San José	63	43	32	26	46	53	89	103	145	163	125	113	44	14	123	27
Maldonado	66	51	30	36	50	68	102	119	155	159	124	106	50	15	128	24
Colonia	65	43	27	33	48	67	111	116	154	158	127	104	47	16	128	23
Soriano	78	59	40	46	65	84	126	143	193	217	161	137	62	17	163	36
Flores	69	50	32	37	52	69	100	120	161	171	133	113	51	16	133	28
Florida	65	47	30	32	48	63	96	115	154	164	127	111	48	15	128	26
Rocha	69	54	34	39	52	69	104	116	154	161	125	106	53	15	128	24
Durazno	72	54	36	42	55	76	110	131	174	183	133	118	56	16	141	30
Treinta y Tres	76	54	38	41	54	74	104	128	169	182	129	115	56	16	138	31
Cerro Largo	77	59	40	46	59	81	115	139	179	191	131	120	60	16	148	32
Lavalleja	69	52	33	38	51	70	103	122	160	167	126	109	52	15	131	27
Tacuarembó	78	63	42	50	63	88	126	149	189	200	133	126	64	17	154	33
Rivera	79	60	41	49	65	87	125	145	187	195	129	122	64	17	151	32
Artigas	81	58	41	48	67	85	124	142	188	190	124	118	63	18	147	32
Salto	65	52	36	39	56	74	109	128	165	174	127	115	54	15	136	27
Paysandú	77	63	48	52	55	88	123	150	191	199	156	131	64	16	158	31
Río Negro	67	48	32	41	52	74	109	128	176	178	135	119	52	16	141	29

CUADRO N° 2A - Evaporaciones de diseño por Departamento, según el semestre considerado (en mm/mes). Datos de base del Cuadro 1.

Los datos de Maldonado son el promedio de Canelones y Rocha; los de Florida: promedio de Flores, Canelones y San José; Durazno: promedio de Treinta y Tres, Tacuarembó y Río Negro; Cerro Largo: promedio de Treinta y Tres y Tacuarembó; Lavalleja: Canelones, Rocha y Treinta y Tres; Rivera: Tacuarembó y Artigas. Artigas: promedio de las estaciones Artigas y Bella Unión; Paysandú: promedio de las estaciones Paysandú y Azucitrus. Los demás valores se corresponden con las estaciones ubicadas en c/Departamento. CUADRO N°1A Evaporaciones de diseño por Estación, según el mes considerado (en mm/día). Notas de curso de Hidrología Aplicada.

Consideraciones a propósito del contenido de nutrientes del efluente generado en tambos y del resultante a la salida de distintos sistemas de manejo del mismo.

Generalidades

El efluente resultante del lavado de corrales de espera y sala de ordeño, máquina de ordeño, etc, contiene nutrientes y micronutrientes. El buen manejo de los mismos, contribuye al desarrollo sostenible de la actividad, y reduce costos de fertilización.

El efluente mencionado, puede distribuirse directamente en el terreno, puede almacenarse para ser vertido en un momento oportuno o puede tratarse parcialmente en sistemas de doble laguna. Durante el almacenamiento o en las lagunas de tratamiento el contenido de nutrientes en especial de nitrógeno se modifica.

Por otra parte, los barros retirados del fondo de lagunas también contienen nutrientes concentrados y su disposición requiere de un criterio adecuado para su aprovechamiento y evitar el deterioro de suelos.

Para un manejo racional de nutrientes, es fundamental conocer el contenido de los mismos en el líquido resultante del lavado, en los diferentes sistemas de manejo y en los lodos generados en las lagunas. Aunque se puede establecer una equivalencia entre efluente crudo y los fertilizantes tradicionales con base a su contenido elemental, los nutrientes se encuentran en el crudo formando parte de materia orgánica, de modo que la biodisponibilidad de los mismos podrá ser diferente a la de los fertilizantes químicos.

Sin embargo, la cantidad de nutrientes colectada en las instalaciones de ordeño es muy variable de tambo en tambo y también en un mismo tambo a lo largo del año. Esta estacionalidad está relacionada con la alimentación, la lactancia y las variaciones del rodeo en ordeño.

Contenido

Esta ficha está ordenada de la siguiente manera:

1. **Estimación de nutrientes en el efluente crudo**
2. **Pérdidas de nutrientes en el manejo del efluente**
 - 2.1. Almacenamiento y riego con licor mezclado
 - 2.2. Almacenamiento y riego con sobrenadante
 - 2.3. Sistemas de tratamiento de doble laguna
3. **Composición de los barros**
4. **Pérdidas de Nitrógeno en la distribución**
5. **Disponibilidad de nutrientes para las pasturas**
6. **Aspectos sanitarios**

1. Estimación de nutrientes en el efluente crudo

Es posible estimar o conocer el contenido de nutrientes del efluente generado.

Método 1 - Analizar

El análisis del efluente es la mejor manera de evaluar su contenido de nutrientes. Son de interés el pH, el contenido de N, P, K, Ca, Mg y Na (y la Relación de adsorción de sodio (RAS)), así como la conductividad, que refleja el contenido de sales en solución.

Para un muestreo adecuado del efluente consúltese el **Anexo 1**.

Método 2- Estimador general

Estimador general es el promedio de nitrógeno, fósforo y potasio encontrados en las excretas colectadas en tambos nacionales en las instalaciones de ordeño. Se muestra en la **Tabla 1**:

	Estimador general
Nitrógeno	28 gN/VO/d
Fósforo	3.1 gP/VO/d
Potasio	28 gK/VO/d

Tabla 1

Para estimar el contenido de nutrientes recabados por día en un tambo dado, se multiplica el estimador por el número de vacas en ordeño (VO). Ej.: para un tambo en el que se ordeñan 100 vacas se recogerían excretas por día de modo que las mismas contienen 2.8 kg de Nitrógeno, 310 g de fósforo y 2.8 kg de Potasio.

El empleo del estimador anterior es simple pero puede llevar a **estimaciones poco confiables** en especial para tambos con tiempos medio de ordeño y producciones de leche diferentes de la media.

Para tener en cuenta estos factores se recomienda usar el siguiente Método de estimación:

Método 3 - Estimador adaptado

Este método adapta las condiciones generales a las del tambo y época del año en particular. Si se desea hacer una gestión racional de los nutrientes es recomendado emplearlo ya que el error cometido es menor que para el caso anterior. Para aplicar este método véase el **Anexo 2**.

La **concentración** en el efluente crudo (recién generado) depende del consumo de agua. La variabilidad de la concentración es muy importante, pues la cantidad de agua usada tambo a tambo es muy variable. Para estimar la concentración en un tambo particular, se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\text{ec. 1 CN (mg/L)} = \text{kgN/mes}_{\text{crudo}} \times 1/Q \times 1000$$

$$\text{ec. 2 CP (mg/L)} = \text{KgP/mes}_{\text{crudo}} \times 1/Q \times 1000$$

Donde kgN/mes_{crudo} y kgP/mes_{crudo} son las cantidades de nitrógeno y fósforo halladas en el crudo por alguno de los métodos explicados. CN y CP son las concentraciones de N y P en el efluente en mg/L y Q es el volumen de agua gastado por mes (m³/mes). La concentración de potasio C_k se estima igual a la de Nitrógeno.

Si se empleara el efluente para riego directo, al ser el contenido de K similar al de N, debe considerarse el aporte de este nutriente al suelo pues la cantidad de potasio esparcida por hectárea puede ser mayor que los requerimientos de las plantas si se distribuye en base al nitrógeno. Del mismo modo, el efluente puede en ocasiones, registrar un contenido de sales, (medidas a través de la conductividad), moderado o alto. Debe cuidarse este aspecto a la hora de emplear el efluente con fines de riego. A estos efectos, consúltese la Norma para Agua de Riego MGAP. (<http://www.mgap.gub.uy/Renare/SuelosyAguas/UsoyManejodelAGUA/Resolucion14052003.pdf>)

2. Pérdidas de nutrientes en el manejo del efluente

Existe una variación en la composición nutritiva de la excreta, inmediatamente a la deyección y luego de pasado cierto tiempo. El contenido en N inmediatamente después de la deyección es mayor al contenido de este nutriente más tarde, debido a que se producen pérdidas por volatilización. Este proceso es más importante durante el verano. Del mismo modo, se pierde parte del nitrógeno durante el almacenamiento o en las lagunas de tratamiento parcial. Mientras tanto P y K no se pierden en los sistemas. Asimismo, parte importante del P y algo de N sedimenta con el lodo en las lagunas.

2.1. Almacenamiento y riego con licor mezclado

Para este sistema de manejo, el líquido clarificado y los barros se mezclan antes de distribuirse al terreno. Evidentemente, del grado de mezcla que se consiga en el sistema, dependerá la homogeneización conseguida. Lo ideal es tomar una muestra del material de la laguna de almacenamiento previo mezclado adecuado. Asimismo, para muestrear este sistema, conviene componer una muestra tomando de diferentes puntos de la laguna, por ejemplo uno cercano a la entrada (en esta zona se espera que se concentren más los sólidos), otro al medio y otra cercana a la salida.

Si no es posible un análisis químico del contenido de este sistema, puede estimarse el contenido del efluente crudo y considerar una estimación por las pérdidas de nitrógeno P_n en el sistema. Es evidente que existe una variabilidad importante de estas pérdidas debido a las condiciones meteorológicas, especialmente de temperatura. En la **Tabla 2** se muestra una estimación de P_n :

Pérdidas de Nitrógeno por volatilización en almacenamientos	
	Estimación para diseño: P_n
Almacenamiento 1 mes	10% -15%
Almacenamiento 3 meses	25% -35%

Tabla 2 - Estimación de pérdidas de nitrógeno en almacenamientos (a mayor temperatura mayor % de pérdidas)

Aunque el fósforo total (P_{total}) se mantiene al almacenar el efluente, el $P_{soluble}$ puede aumentar por hidrólisis de la materia orgánica que lo contenga. Esto es, la disponibilidad de fósforo cambiará entre el efluente crudo y el almacenado. La cantidad de P y K se calcula con las ecs 3 y 4:

$$\text{Ec. 3 } \text{kgP}_{totalm} = \text{kgP/mes}_{crudo} \times n$$

$$\text{Ec. 4 } \text{kgK}_{totalm} = \text{kgK/mes}_{crudo} \times n$$

Donde n es el número de meses de almacenamiento

El contenido de nitrógeno en el almacenamiento se estima según:

$$\text{Ec. 5 } \text{kgN}_{totalm} = \text{kgN/mes}_{crudo} \times n \times \frac{100 - P_n}{100}$$

Donde n es el número de meses de almacenamiento y kgN/mes_{crudo} se puede analizar o estimar de los métodos presentados, y P_n se obtiene de la **Tabla 2**.

Es de notar que los cálculos se llevan a cabo en base a la cantidad de nutriente alma-

cenada, y no en base a las concentraciones. Esto se debe a que la cantidad de agua almacenada, que diluye o concentra el efluente, depende de las aguas pluviales recogidas y de la evaporación, cantidades éstas difíciles de estimar.

Ejemplo:

Un establecimiento 100 vacas en ordeño y se considera un almacenamiento de 2 meses, para distribución en verano. Para 2 meses de verano se considera la pérdida máxima de 25%.

a) Se calculan primero las características del crudo, por ejemplo siguiendo el método 2:

$$\text{kgN/mes}_{\text{crudo}} = 28\text{gN/VO/d} \times 100 \text{ VO} \times 30 \text{ d/mes} \times 1/1000 = 84 \text{ kgN/mes}_{\text{crudo}}$$

$$\text{kgP/mes}_{\text{crudo}} = 3.1\text{gP/VO/d} \times 100 \text{ VO} \times 30 \text{ d/mes} \times 1/1000 = 9.3 \text{ kgP/mes}_{\text{crudo}}$$

$$\text{kgK/mes}_{\text{crudo}} = 84 \text{ kgK/mes}_{\text{crudo}}$$

(véase resultados empleando el método 3 en un tambo particular en el Anexo 2)

b) Se descuentan las **pérdidas por almacenamiento**

Según la Ec 5:

$$\text{kg N}_{\text{tot alm.}} = 84 \text{ kgN/mes} \times 2 \text{ meses} \times (100-25)/100 = 126 \text{ kg}$$

$$\text{kg P}_{\text{tot alm.}} = 9.3 \text{ kg/mes} \times 2 \text{ meses} = 19 \text{ kg}$$

$$\text{kg K}_{\text{tot alm.}} = 84 \text{ kg K/mes} \times 2 \text{ meses} = 168 \text{ kg}$$

2.2 - Almacenamiento y riego con sobrenadante

El cálculo de los nutrientes totales acumulados son iguales que para el crudo para los elementos fósforo y potasio. Para el nitrógeno deben considerarse las pérdidas de acuerdo a la **Ec. 5** y la **Tabla 2**.

Sin embargo, la estimación de la distribución de nutrientes entre el líquido clarificado y los barros está sujeta a más fuentes de variación que la estimación del efluente completo. Por esta razón, se aconseja enfáticamente, el análisis del clarificado si se desea emplearlo con fines de fertilización. Para ello, será conveniente tomar varias muestras o componer una de varios puntos de la laguna (digamos en un punto cercano a la entrada, en 2 puntos medios y cerca de la salida), a alturas diferentes de columna líquida, o tomando con un muestreador apropiado toda la columna líquida en cada punto. Esto es debido a que la concentración de nutrientes puede mostrar un perfil en profundidad en la laguna y este perfil puede variar a lo largo del día.

La acumulación de barros en el fondo hace que el clarificado reciba los compuestos solubilizados producto de la degradación del material particulado, y por lo tanto la composición del clarificado dependa también de la cantidad de barros en el fondo y del grado de estabilización de estos.

Para una aproximación primaria al posible contenido de nutrientes del clarificado, se puede suponer:

$$\text{ec 6 } \text{kgN}_{\text{clarif}} = 0.73 \times \text{kgN}_{\text{totalm.}}$$

$$\text{ec 7 } \text{kgP}_{\text{clarif}} = 0.8 \times \text{kgP}_{\text{totalm.}}$$

$$\text{ec 8 } \text{kgK}_{\text{clarif}} = 0.9 \times \text{kgK}_{\text{totalm.}}$$

Donde $\text{kgN}_{\text{totalm.}}$, $\text{kgP}_{\text{totalm}}$ y $\text{kgK}_{\text{totalm}}$

Ejemplo:

para el mismo tambo considerando un almacenamiento de 2 meses el contenido de nutrientes de todo el clarificado será:

$$\text{kgN}|_{\text{clarif}} = 0.73 \times 126 = 9 \text{ kg}$$

$$\text{kgP}|_{\text{clarif}} = 0.8 \times 19 = 15 \text{ kg}$$

$$\text{kgK}|_{\text{clarif}} = 0.9 \times 168 = 151 \text{ kg}$$

2.3 - Sistemas de tratamiento de doble laguna

En estos sistemas la salida de efluente parcialmente tratado es continua y debe decidirse cual es el destino. El mismo, puede resultar un sistema de pulimento posterior o su disposición controlada a terreno. En este último caso la composición es relevante. En ocasiones puede desearse emplear la salida de la laguna anaerobia con fines de riego.

La laguna facultativa también da lugar a pérdidas de nitrógeno por varias razones, como la asimilación y la nitrificación, desnitrificación además de la volatilización.

Corresponden aquí las mismas consideraciones sobre la importancia del muestreo y la modalidad del mismo, que para los almacenamientos con distribución del clarificado.

Pérdidas de Nitrógeno por volatilización en varios sistemas de manejo	
	Estimación para diseño Pn
Laguna anaerobia	30-45%
Laguna facultativa	25%*

* del valor del crudo

Tabla 3 - Estimación de pérdidas de nitrógeno en lagunas de tratamiento (a mayor temperatura mayor % de pérdidas)

En los sistemas de tratamiento parcial, la salida es continua, esto genera que los efluentes se mezclen también de manera continua, por lo que, el contenido de nutrientes de la salida de hoy, dependerá del grado de mezcla, de la forma de la laguna, etc.

Para una estimación primaria, sígase este procedimiento:

- Se estima la composición del crudo para la estación anterior a la del momento de interés (Ejemplo: se desea evaluar la salida de la laguna en verano. Entonces se estima la composición del crudo para primavera)
- Se evalúa el remanente de nitrógeno descontando las pérdidas por volatilización con la Ec. 5 y la **Tabla 3** (Pn 30-45%):

$$\text{Ec 5: } \text{kg N /día}|_{\text{total}} = \text{kgN/día}|_{\text{crudo}} \times \frac{100 - Pn}{100}$$

- Evaluar el contenido de nutrientes en el clarificado, con las ecs. 6, 7 y 8.

Ejemplo:

Un tambo que en primavera tiene 100 VO. La producción diaria de nutrientes en el efluente crudo en esa estación es de acuerdo a la **Tabla 1**:

$$\text{kgN/día}|_{\text{crudo}} = 28 \times 100 / 1000 = 2.8 \text{ kg/d}$$

$$\text{kgK/día}|_{\text{crudo}} = 2.8 \text{ kg/d}$$

El remanente de nitrógeno es:

$$\text{kg N / día} \Big|_{\text{total}} = 2.8 \times \frac{100 - P_n}{100} = 1.82$$

De la **Tabla 3** se obtiene el valor de P_n , que para verano y laguna anaerobia es de 45%. KgN/día total

Y la composición estimada del clarificado en el verano es (P_n 45%):

$$\text{kgN / d} \Big|_{\text{clarif}} = 0.73 \times 1.82 = 1.3$$

$$\text{kgP / d} \Big|_{\text{clarif}} = 0.8 \times 0.3 = 0.24$$

$$\text{kgK / d} \Big|_{\text{clarif}} = 0.9 \times 2.8 = 2.5$$

A la salida de la laguna facultativa, el contenido de nitrógeno estimado se calculará considerando las pérdidas en ambas lagunas:

$$\text{kgN / d} \Big|_{\text{sal facult}} = 1.3 - 2.8 \times \frac{25}{100} = 0.6$$

Nuevamente la concentración dependerá del gasto de agua y la dilución o concentración efectuada por las pluviales.

Las concentraciones experimentales halladas en condiciones de operación normal a la salida de lagunas nacionales, en su mayoría construidas según los criterios aplicados por Prenader, y en su mayoría con más de 3 años de operación, fueron las siguientes (rango de 22 muestreos analizados):

	N total (mg/L)	P total (mg/L)
Salida anaerobia	88-433	40-118
Salida Facultativa	28-265	23-180

3. Composición de los barros

En ocasión del vaciado de fondo de las lagunas de almacenamiento o anaerobias, es necesario disponer de los barros. Para ello, interesa conocer la composición del lodo.

En términos de sólidos totales, los barros muestran una composición variable. En los estudios realizados en lagunas anaerobias, el contenido de los sólidos totales varió entre 8 y 20%. Según el método de vaciado elegido se podrá disponer solo los barros o la mezcla de barros con líquido clarificado. Si el vaciado se realiza con retroexcavadora y la distribución con esterocolera de sólidos se puede disponer solo los barros, si es con bomba esterocolera es necesario mezclar con líquido para poder retirarlos.

Si se desea disponer de los barros, es importante conocer su contenido de nutrientes. La composición de los mismos fue analizada en lagunas uruguayas y su contenido de nutrientes resultó comparable con el de otras referencias a nivel internacional.

En la siguiente tabla se presentan rangos de concentración de nutrientes hallados en lodos de lagunas anaerobias uruguayas de más de 3 años de operación que pueden emplearse como referencia (datos 7 muestreos):

	gN/L	gP/L	gK/L
Lodo de laguna anaerobia	2.5-3.5	0.19-0.29	0.9-1.7

4. Pérdidas de Nitrógeno en la distribución

En general, todos los sistemas de distribución dan lugar a pérdidas de nitrógeno por volatilización, siendo la aplicación por aspersión la que determina mayores pérdidas de nitrógeno, que pueden ser del orden del 30%.

5. Disponibilidad de nutrientes para las pasturas

Luego de una aplicación, los nutrientes bajo formas complejas no estarán igualmente disponibles para las plantas que los fertilizantes químicos.

De acuerdo a una primera estimación tentativa (ref. NZ), en el primer año solo el 50% del N y fósforo estarían disponibles, mientras que sería 90% para el K.

6. Aspectos sanitarios

Numerosos agentes patógenos pueden estar presentes en el efluente crudo y en la leche. Sin embargo, el período de tiempo antes de la aplicación y el efecto de dilución del agua tienden a minimizar el riesgo de contaminación en el rodeo. Es necesario solicitar asistencia de un profesional para evaluar condiciones específicas a este respecto que serán consideradas en función, entre otros, de la salud del rodeo .

Sin embargo, para asegurar una reducción mayor del riesgo las siguientes acciones pueden llevarse a cabo:

- animales jóvenes (menos de 1 año) no deben ingerir pasturas regadas con efluente
- no permitir la alimentación en potreros regados hasta 1 semana después de la aplicación en verano y varias en invierno
- emplear para la aplicación potreros recientemente usados, de modo de maximizar la incidencia de la luz solar y permitir la reducción de patógenos por esa vía.
- distribuir efluente durante los meses más cálidos para incrementar la velocidad de muerte de patógenos.

Anexo 1

Muestreo de efluente crudo

- El lavado de sala y corral de espera con manguera arrastra materia orgánica de modo que la primer porción de agua lleva mucho más concentración de material que la última porción de agua de enjuague.
- Por lo anterior es necesario tomar una muestra compuesta de los diferentes momentos del lavado.
- El efluente comenzará a generarse cuando comience el lavado con manguera. Asumiendo caudal constante, tomar una muestra de 1 litro cada 5 minutos hasta el final del lavado. Si el lavado es muy rápido tomar muestras más frecuentemente. Deberían componerse al menos 5 muestras de 1 litro.
- Mezclar en bidón o balde y enviar 1 litro para su análisis al laboratorio
- Recabar la siguiente información en el ordeño de la medida:
 - Volumen de agua usado en el lavado = V_{agua} (litros)
 - Número de vacas en ordeño (VO)
- Estimar contribución de N, P, K, sólidos etc, por vaca en ordeño y por ordeño a partir de los resultados de laboratorio
- **Ec. A2-1:**

$$gN/VO/d = mgN/L \times V_{\text{agua}} \times (1/1000) \times (1/VO) \times 2$$

Donde mgN/L son los miligramos de nitrógeno por litro de efluente (resultado del análisis de laboratorio) y gN/VO/d son los gramos de nitrógeno por vaca en ordeño y por día que se colectan en el tambo. Así se podrá estimar la generación de nutrientes en otra época distinta a la de la medida.

Análogamente para los demás parámetros de laboratorio

Para estimar la generación de nutrientes más precisamente es recomendable considerar la producción de leche y el tiempo medio de permanencia en el área tal como se describe en Estimador adaptado.

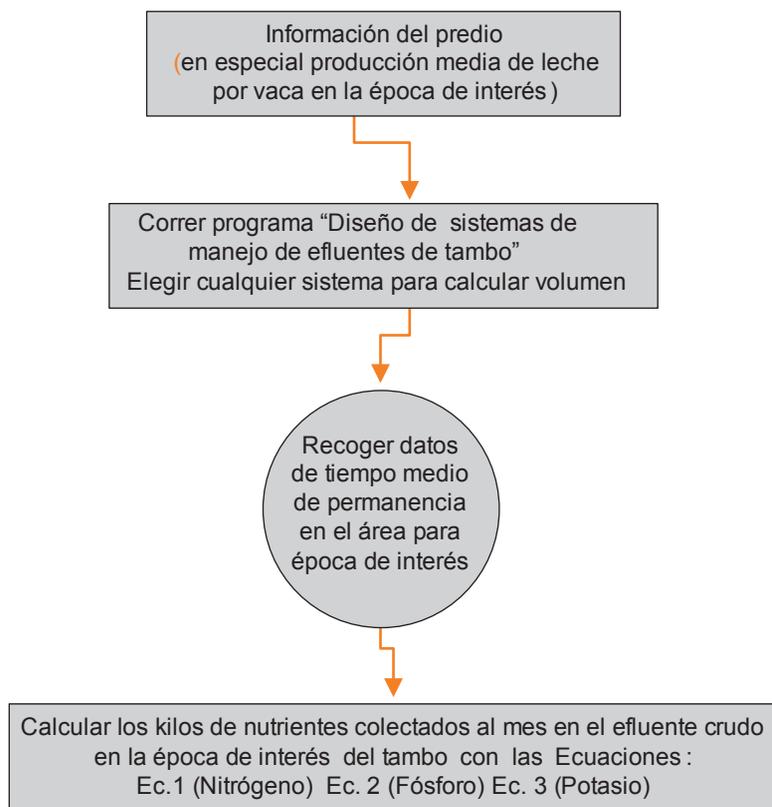
Para esto se estima el tiempo medio de ordeño del día de la medida (del programa "Diseño de sistemas de manejo de efluentes de tambo" usando los datos del día de la medida en lugar de los de máxima producción, y leer en los resultados el dato de tiempo medio de ordeño para alta producción), y se corrige para estimar en otra época cualquiera de manera proporcional (si el tiempo medio de permanencia del día de medida es 1 hora y el de la época de interés es 2 horas multiplicar por 2 el valor de gN/VO/d encontrado de acuerdo a la EcA2-1). Del mismo modo se corrige por producción de leche (si la producción promedio de leche es de 15 L/VO/d el día de la medida y es de 25 en la época de interés, debe multiplicarse el valor de gN/VO/d de la Ec. A 2-1 por un factor f_L tal que $f_L = 25/15$

Anexo 2

Estimador adaptado para estimar nutrientes en el efluente crudo

Para emplear este método se precisan los datos de producción media de leche por vaca (Lleche= producción de leche por vaca en ordeño y por día) y el tiempo medio de permanencia en el área de ordeño (tord), en la época del año en que se desee conocer los nutrientes.

En el **Esquema 1** se muestran los pasos a seguir:



Esquema 1 - Secuencia de pasos para obtener los nutrientes estimados por el método 3

Nitrógeno:

$$\text{Ec.1 } \text{kgN} / \text{mes}_{\text{crudo}} = 0.025 \times L_{\text{leche}} \times \overline{t_{\text{ord}}} \times 2 \times n_{\text{vo}}$$

Donde Lleche es la producción de leche por VO (vaca en ordeño) y por día, tord es el tiempo medio de permanencia de un animal en el área de ordeño (hs/ordeño), y nvo es el número de vacas en ordeño. Véase al final para una explicación más exhaustiva.

Fósforo:

$$\text{Ec. 2 } \text{kgP} / \text{mes}_{\text{crudo}} = 0.025 \times L_{\text{leche}} \times \overline{t_{\text{ord}}} \times 2 \times n_{\text{vo}}$$

Potasio:

$$\text{Ec. 3 } \text{kgK} / \text{mes}_{\text{crudo}} = 0.025 \times L_{\text{leche}} \times \overline{t_{\text{ord}}} \times 2 \times n_{\text{vo}}$$

La relación entre el contenido de nitrógeno y potasio del crudo K/N resultó de 1, por lo que la ec es la misma que para nitrógeno O en K₂O equivalente:

Para expresarlos en términos de fertilizantes equivalentes:

Nitrógeno: urea equivalente

$$\text{Ec. 4 } \text{kg Urea/mes} = \text{kgN/mes} \times 60/28$$

Fósforo en P₂O₅ equivalente:

$$\text{Ec. 5 } \text{kg P}_{2}\text{O}_{5}/\text{mes} = \text{kgP/mes} \times 142/62$$

Potasio en K₂O equivalente:

$$\text{Ec. 6 } \text{Kg K}_{2}\text{O/mes} = \text{kgK/mes} \times 94.2/78.2$$

Ejemplo:

1. Si se tienen, por ejemplo para el período de mayor número de animales en ordeño, en un establecimiento 100 vacas en ordeño vacas, con una producción de leche de 15L/VO/d y 1 hora por ordeño de tiempo medio de cada animal en el área de colección (ver resultados desplegados en el Programa "Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambo")

$$\text{De la Ec 1: } \text{kgN/mes}_{\text{crudo}} = 0.025 \times 15 \times 1 \times 2 \times 100 = 75 \text{ kgN/mes}$$

$$\text{De la Ec. 2: } \text{kgP/mes}_{\text{crudo}} = 0.003 \times 15 \times 1 \times 2 \times 100 = 9 \text{ kgP/mes}$$

$$\text{De la Ec 3: } \text{kgK/mes}_{\text{crudo}} = 75 \text{ kgK/mes}$$

Para estimar equivalencias con Fertilizantes (Ec. 4, 5 y 6):

$$\text{kgUrea/mes} = 75 \text{ kgN/mes} \times \frac{60}{28} = 160 \text{ kg/mes}$$

$$\text{Kg P}_{2}\text{O}_{5}/\text{mes} = 9 \times 142 / 62 = 20.6$$

$$\text{Kg K}_{2}\text{O/mes} = 75 \times 94.2 / 78.2 = 90.3$$

Modelo adaptado para la estimación de nutrientes

A falta de la información analítica del predio, es posible estimar a partir de modelos los contenidos de N, P y K. No se recomiendan estimadores extranjeros, pues los mismos eventualmente son propios de otras razas, alimentación y peso vivo.

Aunque existen otros modelos de estimación de nutrientes en la excreta, es importante evaluar si en las condiciones nacionales pueden emplearse.

Los siguientes estimadores fueron elaborados y chequeados en varios tambos uruguayos, de ganado Holando con dietas diversas.

$$\text{ec 1: } N_e = \frac{\text{gN}}{\text{VO.d}} = \frac{\%N_{\text{excreta}}}{\%N_{\text{leche}}} L_{\text{leche}} \times N_{\text{leche}} \times \frac{t_{\text{ord}}}{18}$$
$$N_e = 0.833 \times L_{\text{leche}} \times t_{\text{ord}}$$

$$\text{ec 2: } P_e = \frac{\%P_{\text{excreta}}}{\%P_{\text{leche}}} \times P_{\text{leche}} \times L_{\text{leche}} \times \frac{t_{\text{ord}}}{18}$$
$$P_e = 0.099 \times L_{\text{leche}} \times t_{\text{ord}}$$

Donde: N_e y P_e son los gramos de nitrógeno y fósforo recogidos por vaca en ordeño y por día, $\%N_{\text{excreta}}$ y $\%P_{\text{excreta}}$ es la fracción de la ingesta de N o P que se excreta, $\%N_{\text{leche}}$ y $\%P_{\text{leche}}$ es la fracción de la ingesta de N o P cuyo destino es la leche, L_{leche} es la producción de leche por VO (vaca en ordeño) y por día, N_{leche} y P_{leche} es el contenido de N o P en la leche (g/L), t_{ord} es el tiempo medio de un animal en el área de ordeño (hs/d), y 18 son las horas de excreta diaria total, que se estimaron en 18hs/d (horas de vigilia estimadas).

Los valores medios de N_e y P_e encontrados en Uruguay fueron 28 y 3.1 g/VO/d respectivamente.



Doble pileta



Bombas estercolera sobre pontones en laguna



Vacas entrando a sala de ordeñe

Consideraciones acerca del emplazamiento de los sistemas de almacenamiento o tratamiento de aguas

Para la evaluación del sitio de ubicación de lagunas es conveniente contar con la siguiente información:

- posición de pozos y cursos de agua
- ubicación y tamaño de las construcciones existentes (ej. viviendas) en el predio
- ubicación de construcciones en predios linderos
- posición de rutas, caminos, bañados, etc.
- descripción topográfica del predio
- usos actuales y futuros del suelo
- caracterización del suelo

Las consideraciones del lugar de ubicación tendrán en cuenta diferentes aspectos que se detallan en la siguiente lista:

1. Distancia a pozos de agua, cursos de agua y zonas sensibles.
2. Topografía natural y cambios generados por la implantación de las lagunas.
3. Distancia a la sala de ordeñe, viviendas, zonas pobladas.
4. Efecto del nuevo sistema sobre el flujo de animales, maquinaria y personas.

Distancia a pozos de agua, cursos de agua y zonas sensibles

En relación a la posible contaminación de aguas subterráneas, el factor decisivo de selección del lugar es la naturaleza del suelo, eligiéndose en lo posible el suelo más impermeable. Este aspecto es materia de la Ficha N° 4 “Caracterización del suelo del predio”. Aún así, y sin perjuicio de que puedan existir recomendaciones especiales para casos concretos, se recomienda una distancia mínima a pozos o fuentes de agua para consumo de 100 m. En lo posible, ubicarlo en bajada con respecto al pozo, manantial o fuente de agua.

Topografía natural y cambios generados por la implantación de las lagunas

La ubicación topográfica de las lagunas propenderá en primera instancia a aprovechar la gravedad para la conducción de fluidos. La posición ideal a este respecto es aquella que minimice el requerimiento energético o la intervención humana para el transporte de líquidos y sólidos. Los líquidos en la condición ideal deberán poder ingresar por gravedad, y poder ser distribuidos en el terreno a la salida también.

Las lagunas deben ubicarse previendo las consecuencias sobre la erosión que su construcción y operación acarreará. Para evitar el ingreso de pluviales de la cuenca, se tenderá a divergir las mismas fuera del sistema, y ello generará cambios en las

zonas plausibles de erosión. Estos aspectos deberán evaluarse. La vegetación natural o incorporada puede ayudar a mitigar efectos de erosión

Distancia a la sala de ordeño, viviendas, zonas pobladas

Los sistemas de almacenamiento y/o tratamiento pueden generar olores en especial en los momentos de inversiones térmicas en los que se produce un mezclado importante del contenido de la laguna, o en las oportunidades de vaciado y distribución. Por esta razón, lo ideal es seleccionar un lugar alejado de la vivienda y considerar la dirección predominante del viento, así como planear los momentos de vaciado. La vegetación natural o incorporada puede servir de barrera contra olores.

Efecto del nuevo sistema sobre el flujo de animales, maquinaria y personas

El sitio de emplazamiento deberá considerar cómo se modificará el acceso a las instalaciones de animales, personas y maquinaria. Deberá prever una ruta de acceso de maquinaria de desagote si correspondiere. La vegetación natural o incorporada puede ayudar a modificar rutas de acceso de animales o separar áreas destinadas a usos diferentes.

Consideraciones sobre los estudios geotécnicos necesarios para pisos de corrales de espera y piletas receptoras de efluentes.

Generalidades

Los pisos de corrales de espera y piletas receptoras de efluentes reciben en forma directa los efluentes provenientes de la limpieza de la zona de ordeño, deben de estar apoyados sobre suelos aptos, con adecuada compactación para no deformarse y con una baja permeabilidad para no contaminar la napa freática.

Objetivo

Se busca dotar al responsable de diseño del corral de espera y piletas de efluentes, de procedimientos simples para el estudio y caracterización de suelos desde el punto de vista de la ingeniería civil, de acuerdo con la cantidad de VO y el Índice de Riesgo (el cálculo del mismo es realizado mediante la matriz digital que se entrega con este conjunto de fichas), para un correcto diseño de las bases de las lagunas y corrales de espera.

Se reitera que las siguientes son recomendaciones; los medios económicos disponibles son, en definitiva, los que definen los estudios a realizar.

Información de base

La información de base requerida es un estudio de suelos simple que contenga los siguientes datos, una vez seleccionada la ubicación del sistema de manejo de efluentes:

- Información topográfica
- Trabajos de campo
- Trabajos de laboratorio

Las recomendaciones del presente Manual pretenden diferenciar la información requerida para el diseño según la cantidad de VO, el Factor de Riesgo.

Método

De acuerdo con los procedimientos señalados en 2.1 se procederá a la elección del emplazamiento de la zona de ordeño. Luego, para conocer adecuadamente los suelos desde el punto de vista geotécnico, se procederá según se explica a continuación.

Información topográfica

Debe contarse con una nivelación planialtimétrica (al cm) de la zona del predio donde se construirá la sala de ordeño y sistema de manejo de efluentes, realizada por topógrafo u operador competente.

Trabajos de campo

Calicata con retroexcavadora o cateos con pala americana hasta una profundidad de 4 m en la zona de cada pileta. Extracción de muestras para ensayo de laboratorio. Este trabajo no puede insuadir más de una mañana. Podrán ser dirigidos o realizados por el Responsable Técnico del tambo o por laboratorio geotécnico competente.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio serán determinados según el número de VO del tambo y el Índice de Riesgo.

VO < 80

- 1 ensayo granulométrico por cada tipo de suelo;
- 1 ensayo de límites de Atterberg por cada tipo de suelo (WL, WP);
- 1 ensayo de humedad natural por cada tipo de suelo (Wn);
- clasificación sistema unificado SUCS

VO < 250

- ídem anterior
- 1 ensayo de compactación Proctor Normal (PUSSM, Wopt)
- 1 ensayo de densidad in situ (γ_d)

VO > 250

- consulta de programa de estudios a Ing. Geotécnico o laboratorio competente.

Procedimientos

Los resultados de los estudios geotécnicos, granulometría y Límites de Atterberg permiten clasificar y dan información sobre los suelos desde el punto de vista de la ingeniería civil, su potencial permeabilidad y su Factor de Riesgo correspondiente.

Tomando la nomenclatura del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)(*) para ingeniería civil, ver Anexo, podemos clasificar los suelos según el riesgo de infiltración:

- GC, GM, SC, SM, CL, ML (riesgo 1)
- GW, GP, SW, SP (riesgo 2)
- CH, MH (riesgo 3)
- O, OH (debe sustituirse el suelo)

Los suelos de Factor de Riesgo de permeabilidad 1 son con un contenido de finos tal que si son bien compactados dan permeabilidades bajas.

Los suelos de Factor de Riesgo de permeabilidad 2 son con un contenido de finos muy bajo y muy permeables, pueden ser usados mezclados con cemento o cal.

Los suelos de Factor de Riesgo de permeabilidad 3 son suelos finos, pero con alta compresibilidad y susceptibles de ser expansivos, pueden ser utilizados con apoyo de un técnico especializado.

Los suelos O y OH son suelos orgánicos y deben ser sustituidos, no son aptos para la conformación de piletas de manejo de efluentes.

Las consideraciones siguientes son válidas para la base de corrales de espera y lagunas. En el caso de lagunas deberá completarse los procedimientos con los previstos en la ficha 16, Aspectos constructivos.

Caso tambo VO < 80

Riesgo 1

Si $W_n = W_{opt} \pm 2\%$ => compactar el suelo tal cual está con rodillo pata de cabra;

Si $W_n \gg WP$ => mezclar con cemento o cal, luego compactar con pata de cabra.

Si $W_n \ll WP$ => escarificar y mezclar con agregado de agua faltante, luego compactar con pata de cabra.

Riesgo 2

Si $W_n < 12\%$ => mezclar con cemento o cal, (6 a 8% en peso) luego compactar con pata-pata;

Si $W_n > 12\%$ => escarificar y orear, luego mezclar con cemento o cal (6 a 8% en peso), compactar con pata-pata.

GC: grava arcillosa, **GM:** grava limosa, **SC:** arena arcillosa, **SM:** arena limosa, **CL:** arcilla de baja compresibilidad; **ML:** limo de baja compresibilidad, **GW:** grava bien graduada, **GP:** grava pobremente graduada, **SW:** arena bien graduada, **SP:** arena pobremente graduada, **CH:** arcilla de alta compresibilidad, **MH:** limo de alta compresibilidad, **OL** y **OH:** suelos orgánicos de alta y baja compresibilidad.

Riesgo 3

Solicitar apoyo a técnico especializado.

Caso tambo VO < 250

Riesgo 1

Si $W_n = W_{opt} \pm 2\%$ => compactar el suelo tal cual está con rodillo pata de cabra;

Si $W_n \gg W_{opt}$ => escarificar y dejar orear, compactar con pata de cabra.

Si $W_n \ll W_{opt}$ => escarificar y mezclar con agregado de agua faltante, compactar con pata de cabra.

Riesgo 2

Si $W_n = W_{opt} \pm 2\%$ => escarificar, mezclar con cemento o cal (6 a 8% en peso), compactar con pata-pata;

Si $W_n \gg W_{opt}$ => escarificar y dejar orear, luego mezclar con cemento o cal (6 a 8% en peso), compactar con pata-pata.

Si $W_n \ll W_{opt}$ => escarificar y mezclar con agregado de agua faltante, luego mezclar con cemento o cal (6 a 8% en peso), compactar con pata-pata.

Riesgo 3

Solicitar apoyo a técnico especializado.

Caso tambo VO > 250

Solicitar apoyo a técnico especializado.

Bibliografía

La documentación básica para el estudio geotécnico puede encontrarse en cualquier libro de Mecánica de Suelos, citamos a modo de ejemplo algunos textos que pueden encontrarse en plaza.

Das, Braja M.. Principio de Ingeniería de Cimentaciones. Ed. Thomson, Cuarta Edición, 2004. ISBN 970-686

Juárez Badillo, Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos. Ed. Limusa, 2000. ISBN 968-18-0069-9

Sowers G.B., Sowers G.F.. Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Ed. Limusa, 1978.

Anexo

(lectura opcional)

En las líneas siguientes presentamos en forma esquemática las distintas propiedades y ensayos de suelos para su caracterización y uso en ingeniería civil.

Esta información es básica para un ingeniero civil pero puede no ser de conocimiento de ingenieros agrónomos y agrimensores, por lo que su lectura es complementaria y no esencial para la comprensión de la ficha.

Se ha intentado presentar las propiedades básicas vinculadas con el estado del suelo y los ensayos correspondientes para su determinación. Para profundizar, se recomienda leer cualquiera de los libros citados en la bibliografía, que se encuentran en plaza.

Humedad natural

Definición

Es la relación entre el peso del agua libre (W_w) contenida naturalmente en el suelo referida al peso de suelo seco (W_{dry}) y definida como porcentaje.

Es una propiedad de estado, varía con la variación de la napa freática y en los suelos próximos a la superficie, con la temperatura exterior. Es mayor que 0

y puede ser mayor que 100 (ej. suelos blandos del Puerto de Montevideo).

La humedad natural está directamente relacionada con las distintas propiedades del suelo:

- resistencia
- compresibilidad
- capacidad de ser compactado

Determinación de la humedad natural

Se toma una muestra de suelo representativa, se pesa y se pone a secar en horno a una temperatura de 105°C hasta llegar a peso constante.

La diferencia entre el peso del suelo húmedo (W_w) y el peso del suelo seco (W_{dry}) es el contenido de agua en peso W_w . Luego la humedad natural se obtiene como cociente de W_w y W_{dry} .

Granulometría

El tamizado permite determinar el tamaño de las distintas partículas así como la importancia relativa de las distintas fracciones en la composición de la muestra total.

mm	designación
100	4"
25	1"
19	3/4"
12,5	1/2"
6,3	1/4"
4,76	#4
2	#10
0,425	#40
0,15	#100
0,075	#200

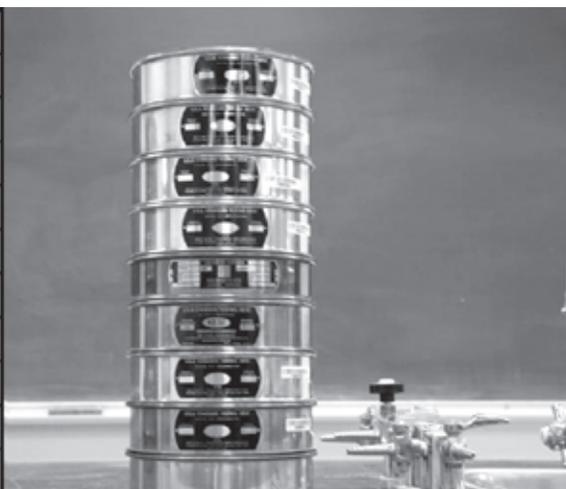


Figura 1 - Serie de tamices y abertura de malla correspondiente.

La representación gráfica del tamizado se hace mediante escala semilogarítmica, con representación logarítmica de la abertura de los tamices en mm y el % de material que pasa (o es retenido) en el tamiz correspondiente a escala lineal, ver **Figura 2**.

Un suelo con granulometría continua permite un buen empaque de partículas, con pocos espacios huecos. Un suelo con partículas de tamaño muy uniforme deja muchos huecos entre partículas y en consecuencia tendrá mayor permeabilidad y menor compactación.

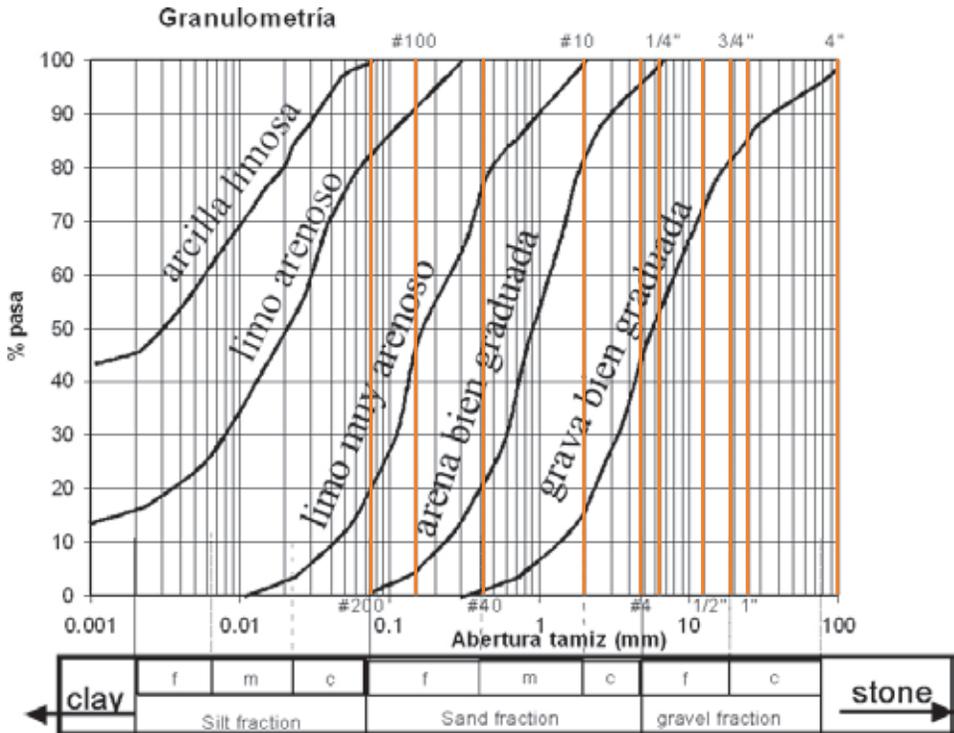


Figura 2. Representación gráfica del tamizado para distintos tipos de suelo.

Se definen luego los diámetros para los distintos cuantiles: D10, D30, D50, D60.

Según la curva del tamizado, se puede decir que un suelo tiene una composición **uniforme** (prácticamente un solo tamaño de grano) o granulometría continua o **bien graduado** (todos los tamaños de grano están representados en él).

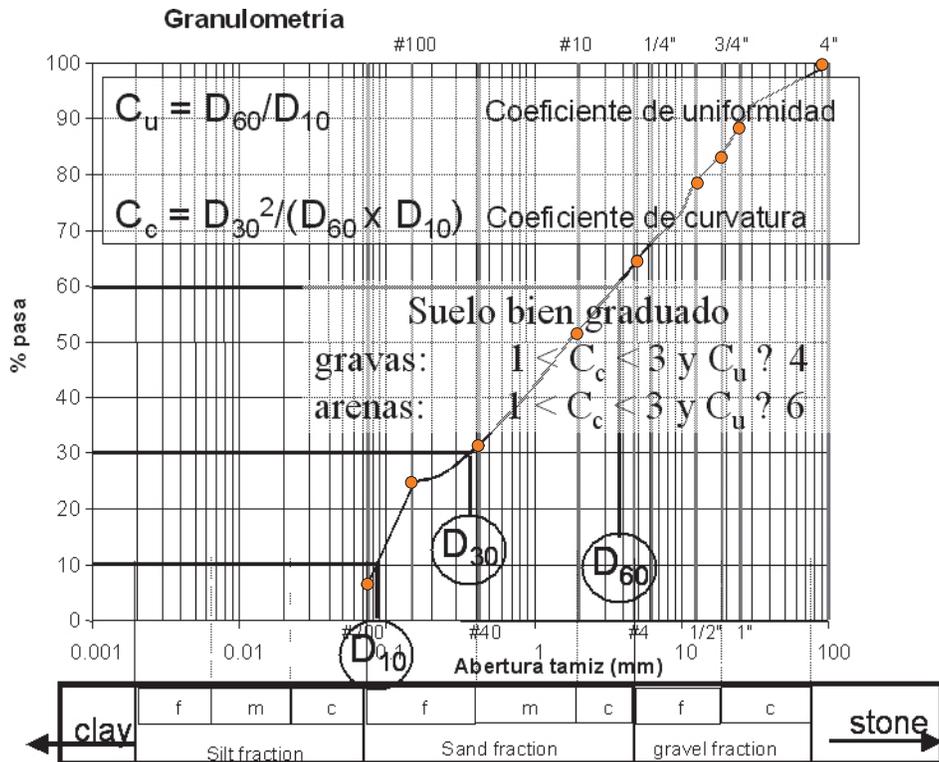


Figura 3. Cuantiles D10, D30 y D60

Los datos del tamizado se complementan con la definición de los coeficientes:

$$C_u = D_{60}/D_{10} \quad \text{Coeficiente de uniformidad}$$

$$C_c = D_{30}^2/(D_{60} \times D_{10}) \quad \text{Coeficiente de curvatura}$$

Suelo bien graduado

gravas: $1 < C_c < 3$ y $C_u \geq 4$

arenas: $1 < C_c < 3$ y $C_u \geq 6$

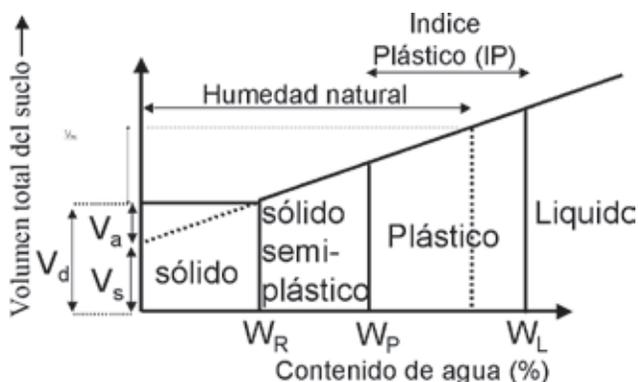
Plasticidad

Es una propiedad asociada con la presencia de suelos finos (arcillas y limos) cuya consistencia varía mucho con la humedad.

Los límites de consistencia:

- Límite líquido,
- Límite plástico,
- Límite de retracción,

indican el comportamiento del suelo respecto a su contenido en agua, lo cual es fundamental para determinar sus parámetros de resistencia y su potencial compresibilidad y expansibilidad.



- $L_R = W_R$ Límite de retracción
- $L_P = W_P$ Límite plástico
- $L_L = W_L$ Límite líquido

Figura 4 - Estados de consistencia del suelo según su contenido en agua

Nota: La humedad natural puede tener valores cualesquiera por encima de 0%, el suelo pasa de un estado sólido casi rígido, a uno semisólido o plástico y luego a un estado líquido o de fluido viscoso.

Límite líquido y límite plástico son conocidos como límites de Atterberg. Su determinación es mediante ensayos sencillos y normalizados que no presentaremos aquí.

	N		media	mín	máx	desvío	CV (%)
Libertad Dolores	573	WL	44	19	92	13	28.2
		WP	22	13	38	4.2	18.8
Fray Bentos	77	WL	40	23	78	14.8	37.2
		WP	25	17	31	3.3	13.5
Puerto Montevideo	49	WL	112	69	148	22	20
		WP	35	20	47	6.4	18.2
Tacuarembó	71	WL	29	19	45	5.1	17.6
		WP	17	12	22	2.1	12.3

CUADRO 4 - Valores medios y extremos de límites de Atterberg para distintos suelos arcillosos del Uruguay

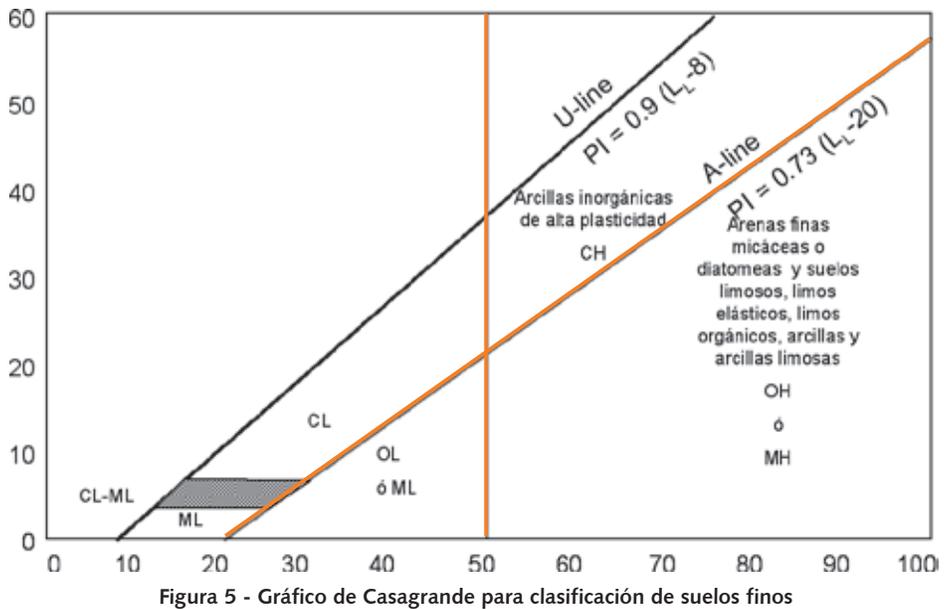


Figura 5 - Gráfico de Casagrande para clasificación de suelos finos

Límite líquido LL e Índice plástico ($IP=LL-LP$) se representan en lo que se conoce como gráfico de Casagrande, **Figura 5**.

Este gráfico permite identificar los suelos finos según su plasticidad.

Densidad

La densidad es una de las principales propiedades a controlar para determinar si el suelo adecuadamente caracterizado está colocado en el terreno aprovechando su máximo potencial.



Figura 6 - Equipo de laboratorio para ensayo Proctor de compactación manual

Proctor (1929) propuso ensayos de laboratorio para estudiar la compactación de suelos. En dicho ensayo se determina la variación de peso unitario del suelo con la humedad, cuando se compacta el suelo con una energía fijada por norma, en recipientes de volumen prefijados.

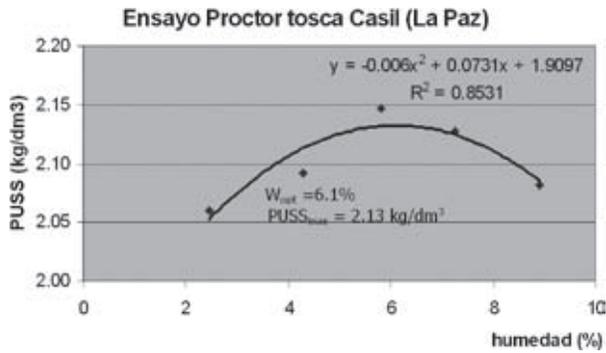


Figura 7 - Ensayo de compactación Proctor para una tosca de La Paz.

Se obtiene así para distintas humedades:

Peso Unitario del Suelo Húmedo (PUSH)

$$\gamma_H = \text{PUSH} = \frac{W_{wet}}{V_T} = \frac{(W_{dry} + W_w)}{V_T}$$

Peso Unitario del Suelo Seco (PUSS)

$$\gamma_d = \text{PUSS} = \frac{W_{dry}}{V_T}$$

De las relaciones anteriores se obtiene :

$$\text{PUSS} = \left(\frac{W_{wet}}{V_T} \right) / \left(1 + \frac{w}{100} \right)$$

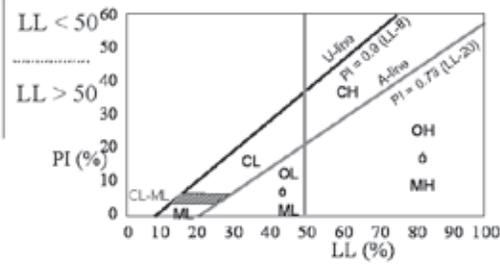
Se grafican los PUSS obtenidos para distintas humedades obteniéndose una curva como la de la Figura 6. El valor máximo de PUSS se denomina Peso unitario de suelo seco máximo. $\text{PUSS}_{\text{máx}}$ y su humedad correspondiente Humedad óptima, W_{opt} .

Material de grano grueso
Distribución granulométrica

Grueso más del 50% retenido en el tamiz # 200	Grava más del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz # 4	Menos del 5% de finos	$Cu > 4, 1 \leq Cc \leq 3$	→ GW
		Más del 12% de finos	Debajo línea A	→ GP
			Sobre línea A	→ GM
	Arena menos del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz # 4	Menos del 5% de finos	$Cu > 6, 1 \leq Cc \leq 3$	→ SW
		Más del 12% de finos	Debajo línea A	→ SP
			Sobre línea A	→ SM
				→ SC

Material de grano fino
LL, PI

Fino
menos del 50%
retenido en el
tamiz # 200



Altamente orgánicos

→ Pt

CUADRO 2 - Sistema Unificado de Clasificación de suelos



Pileta en construcción

Consideraciones constructivas acerca de las obras para el sistema de manejo de efluentes.

Generalidades

Según el sistema de manejo de efluentes elegido se consideran distintos elementos:

- a) Sistemas de tratamiento parcial de efluentes
 - desarenador, cámara de retención de áridos (arena, piedras, granos)
 - laguna anaerobia
 - laguna facultativa
 - sistema de distribución al terreno pasivo o por bombeo (en caso de no contar con condiciones topográficas favorables: bombas y conductos)
 - sistema de vaciado y distribución de sólidos con la frecuencia (años) estipulada en el diseño
- b) Sistema de almacenamiento con distribución al terreno de líquidos y sólidos mezclados
 - desarenador (cámara de retención de áridos)
 - laguna de almacenamiento
 - sistema de distribución al terreno con la frecuencia estipulada (meses) en el diseño (bomba estercolero ó bombas de < 5% de sólidos y conductos)
- c) Sistema de almacenamiento con distribución de sobrenadante cada “n” meses y sólidos cada “m” años
 - desarenador (cámara de retención de áridos)
 - laguna de almacenamiento

- sistema de distribución al terreno de liquido sobrenadante (en caso de no contar con condiciones topográficas favorables: bombas para manejo de líquidos con bajo contenido de sólidos y conductos)
- sistema de vaciado y distribución de sólidos con la frecuencia (años) estipulada en el diseño

Estos elementos pueden tener distintos diseños

Objetivo

Se busca dotar al responsable de diseño del sistema de manejo de efluentes, de criterios constructivos simples para un correcto diseño:

- económico;
- eficaz;
- que pueda ser fácilmente limpiado;
- que no tenga infiltraciones al terreno.

Información de base

El programa “Diseño del sistema de manejo de efluentes de tambos” y la Ficha técnica “Instrucciones para la utilización del programa”, permiten el cálculo de los volúmenes útiles de lagunas (**Volumen líquido**), es decir el máximo volumen de lícor que es posible contener en ellas.

Se despliega el **Volumen líquido** calculado con las dimensiones a, b, a1 y b1 y la profundidad elegida.

Se despliega también el **Volumen total**, es decir el volumen de excavación nece-

sario, incluida la franquía. Para ello se emplean las dimensiones a, b, a1, b1 y la altura H que corresponde a la profundidad más la franquía.

$$H = \text{profundidad} + \text{altura de Franquía}$$

Diseño de elementos

Todos los elementos presentados en las siguientes hojas, son diseños básicos que cumplen los requisitos mínimos de buen funcionamiento y permiten su limpieza y mantenimiento. Puede haber otras alternativas más apropiadas o adecuadas a un establecimiento en particular, y como la propuesta es a diseño abierto, esto habilita a los usuarios a mejorar los diseños propuestos.

Desarenador (cámara de retención de áridos)

a) Cámara desarenadora, de limpieza diaria

La cámara de retención de áridos será de hormigón armado, tendrá sección cuadrada o circular de diámetro $A > 0.50\text{m}$, una entrada desde la rejilla, una profundidad de no más de 0.60 m, y un tubo de salida colocado por encima de los 0.40 m del fondo, por lo que tiene una capacidad de retención de 8 dm^3 (hasta 40 kg de áridos). En su interior se dispondrá un tanque circular metálico con asas (por ejemplo tanque de aceite sin tapa), de forma de poder izarlo y retirar diariamente arena y piedras luego del lavado de sala de ordeñe y corral de espera. Es importante realizar la rutina de limpieza para que el tanque no se llene y el sistema funcione adecuadamente. El sobredimensionado del tanque no es aconsejable pues puede hacer muy pesado el izado.

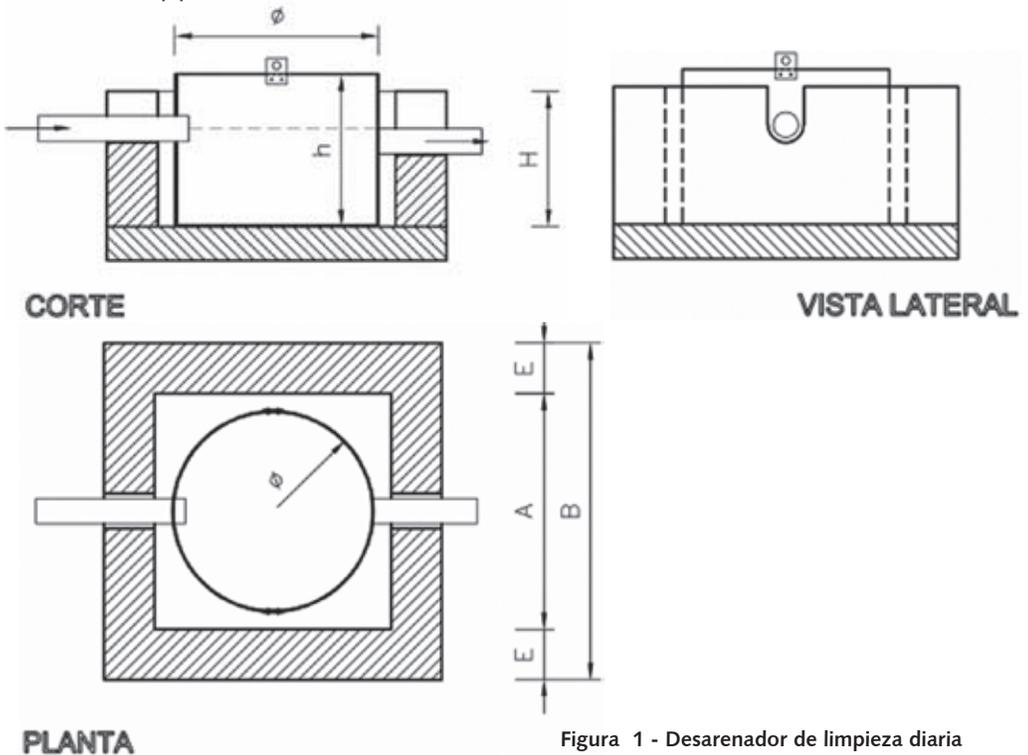


Figura 1 - Desarenador de limpieza diaria

b) Canal desarenador, de limpieza semanal (ver Figuras 2 y 3)

Este desarenador tiene un desarrollo lineal, consiste en un canal, con una superficie central horizontal, del ancho de un bloque de hormigón (30 cm) y dos alas laterales con una pendiente lateral ascendente menor que 1/10. La longitud L_1 del mismo deberá ser mayor a 2 m.

La pendiente horizontal así como el ensanchamiento de sección tienen por objetivo reducir la velocidad de las aguas de forma que las partículas más pesadas (arena y gravas) queden depositadas en la superficie, mientras que el licor con sus sólidos en suspensión sigan a la laguna anaeróbica.

Por las mismas razones se colocan dos bloques de hormigón (sin fondo) en el acceso al canal desarenador, de forma de presentar un primer obstáculo que colabore en la sedimentación de las partículas pesadas.

El canal deberá tener por lo menos 5 cm de espesor y será construido de ladrillos revestidos con mortero o de hormigón armado (malla).

Se recomienda disponer en la parte central de rugosidades (ver figura) para colaborar en la retención de áridos.

La capacidad de retención de áridos puede estimarse en unos 12 dm³/m lineal.

La limpieza puede realizarse con una escoba, dispersando arena y gravas lateralmente.

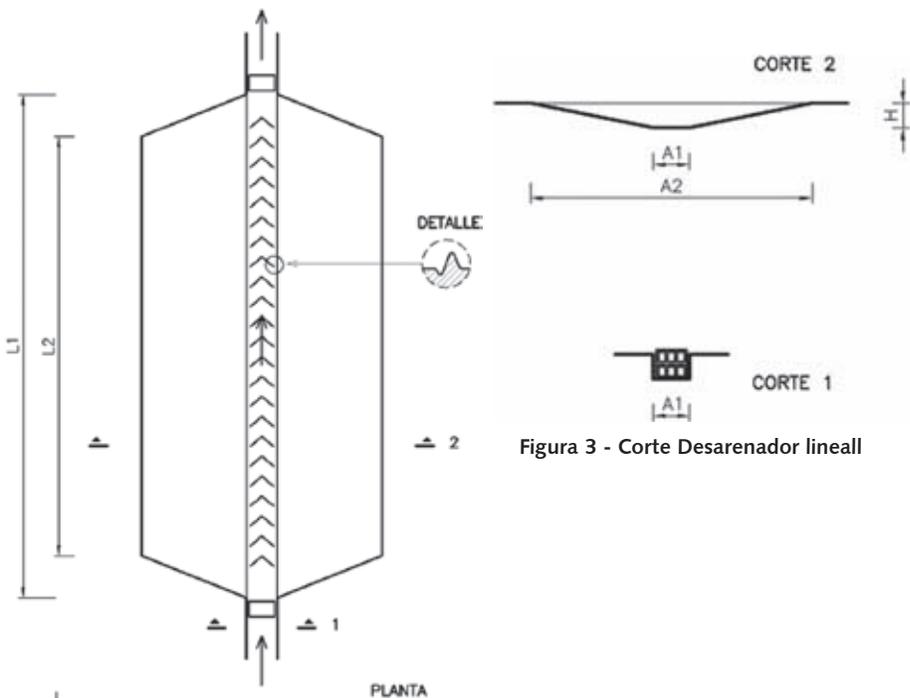


Figura 2 - Desarenador lineal

Figura 3 - Corte Desarenador lineal

Lagunas

Laguna de almacenamiento y laguna anaerobia.

Las lagunas de almacenamiento o anaerobia, serán las que retengan la mayoría de los sólidos presentes en el licor.

Las dimensiones de las mismas dependen de las características del predio y su volumen es calculado por el programa "Diseño de sistemas de manejo de efluentes de tambo". Una profundidad mayor a 3.5 m presentará dificultades constructivas. Se recomienda una franquía de 0.50m.

Es conveniente, que todo el sistema esté forrado con una geomembrana impermeable (Nylon grueso, por ej. el usado en los silos de grano), es común que no lo sea en los sistemas Tipo1.

A continuación se describen distintos diseños de lagunas con una estimación de la vida útil mínima en condiciones de buen mantenimiento.

Tipo 1

Lagunas de almacenamiento o lagunas anaerobias **vida útil mínima 5 años** (con buen mantenimiento). (Ver Figura 4)

Recomendables solamente para suelos con Riesgo 1, 2 (véase Ficha "Características del suelo del predio")

Se componen de dos secciones, siguiendo el sentido del recorrido del licor:

- Sección de almacenamiento y bombeo de sólidos, de longitud b_1 .

El programa despliega las dimensiones a , a_1 , b y b_1 , que corresponden al **Volumen Total o de excavación**.

La pared deberá tener una pendiente no mayor a 45° (en el programa se consideran taludes 1H:1V, 2H:1V, 3H:1V). Los taludes laterales deberán ser compactados con pata de cabra.

- Rampa de entrada/salida, (opcional) de $D+7m = 10.5m$ de longitud y con una pendiente de fondo de 3H:1V. La cota inicial es de $-3.5m$ debajo del nivel de coronamiento, la final de $0.0m$. El frente tendrá un ancho de $C=3.0m$ y comunicará lateralmente por uno o dos tubos o canales de salida a un eventual pozo de bombeo o a la laguna facultativa. Estará revestida de tosca compactada o suelo-cemento.

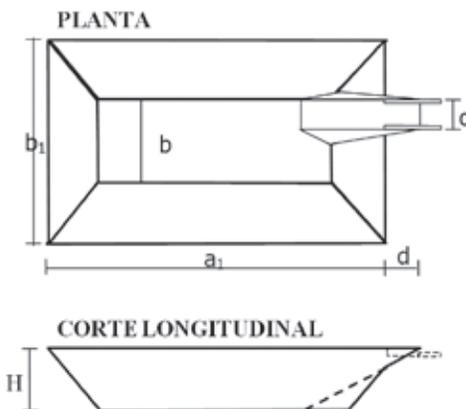


Figura 4 - Lagunas Tipo 1

El programa de cálculo no considera la reducción de volumen que causa la presencia de la rampa de entrada/salida. En el caso de lagunas de más de 500 m³ la presencia de la rampa no es significativa y se puede ignorarla para el cálculo de volumen.

Para lagunas de menos de 500 m³ se debe emplear la siguiente corrección, para una altura H de 3.5 metros totales (H = profundidad + altura de franquía):

$$V_{\text{excav}}' = V_{\text{total programa}} + V_r$$

Donde:

V_{excav}' es el volumen real de excavación y $V_r = \text{Volumen rampa} = 75(3 - \cotg\alpha)/3$

En la Tabla 1 se despliegan los valores:

Pendiente taludes	α	Cotg α	V_r (m ³)
1:1	45°	1	50
2:1	26.5°	2	25
3:1	18.4°	3	0

Tabla 1

Tipo 2

Lagunas de almacenamiento o lagunas anaerobias **vida útil mínima 10 años** (con buen mantenimiento)

Aptas para suelos de Riesgo 1, 2 ó 3 (véase Ficha "Caracterización del suelo del predio")

Se componen de dos secciones, siguiendo el sentido del recorrido del licor:

- Sección de almacenamiento y bombeo de sólidos, de longitud a_1 , fondo horizontal y ancho superior b_1 , ancho inferior, b . Una H mayor a 3.5 m presentará dificultades constructivas. Este sistema tiene paredes laterales a 45° (Pendiente de taludes 1H:1V), revestidas en suelo-cemento de 10 a 15 cm de espesor.
- Rampa de entrada/salida, de $D+7m = 10.5m$ de longitud y con una pendiente de fondo de 3H:1V. La cota inicial es de $-3.5m$ debajo del nivel de coronamiento, la final de $0.0m$. El frente tendrá un ancho de $C=3.0m$ y comunicará por uno o dos tubos o canales de salida a un eventual pozo de bombeo o a la laguna facultativa. Estará revestida de suelo-cemento.

El volumen útil será el calculado por el programa menos 50 m³ que ocupará la rampa.

Consideraciones constructivas

Es conveniente realizar previamente una viga perimetral de fundación, de 20 cm de profundidad y una viga de coronamiento de 15 a 20 cm de altura sobre todo el contorno. Las etapas constructivas son las siguientes:

- excavación general
- compactación lateral y fondo c /pata de cabra
- colocación de la geomembrana
- excavación de la viga de fundación
- construcción de la viga
- construcción de losa de piso
- construcción de muros laterales
- construcción de viga perimetral de coronamiento

Nota: El programa de cálculo admite taludes laterales de 2H:1V y 3H:1V, no son considerados en las lagunas tipo 2, por considerarse muy importante la pérdida de eficiencia de los mismos.

Tipo 3

Lagunas de almacenamiento o lagunas anaerobias vida útil > 20 años (Ver Figura 5)

Aptas para suelos de Riesgo 1, 2 ó 3 (véase Ficha “Caracterización del suelo del predio”)

Se componen de dos secciones, siguiendo el sentido del recorrido del licor:

- Sección de almacenamiento y bombeo de sólidos, de longitud a_1 , fondo horizontal y ancho superior b_1 m. La pared de fondo será vertical. Esta sección estará construida en hormigón armado o bloques/ladrillos con recubrimiento de mortero. Una profundidad mayor a 3.5 m presentará dificultades constructivas.
- Sección de salida, de $C=3$ m de ancho en forma de rampa de acceso, con pendiente 2H:1V. El volumen ocupado por dicha rampa es de aprox. 75 m³. El frente tendrá dos canales laterales de evacuación que terminan con sendos tubos enterrados, hacia la salida o la laguna facultativa. Estará revestida de suelo cemento y tendrá una pendiente lateral de 1H:1V.

Es conveniente proteger todo el sistema exteriormente con geomembrana. En el caso de suelos arenosos, es mandatorio.

El volumen de la laguna es calculado con el programa.

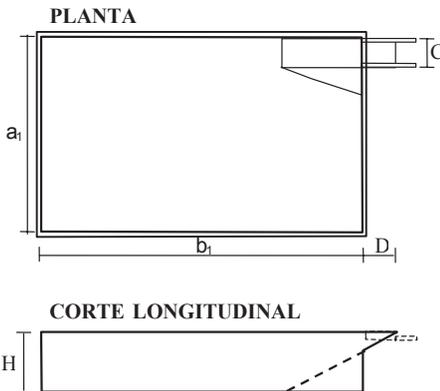


Figura 5 - Lagunas Tipo 3

Consideraciones constructivas

Para elevar las paredes verticales es conveniente realizar previamente una viga perimetral de fundación, de 30 a 40 cm de profundidad. Cada 4 m es recomendado hacer pilares verticales y una viga de coronamiento de 15 a 20 cm de altura sobre todo el contorno. En síntesis las etapas constructivas son las siguientes:

- excavación general
- colocación de la geomembrana
- excavación de la viga de fundación
- construcción de la viga dejando armadura para pilares en espera
- construcción de losa de piso
- construcción de muros laterales
- construcción de viga perimetral de coronamiento.

Nota: El programa de cálculo admite taludes laterales de 2H:1V y 3H:1V, no son considerados en las lagunas tipo 3, por considerarse muy importante la pérdida de eficiencia de los mismos.

Limpieza

La limpieza de sólidos podrá ser realizada mediante bomba con removedor de sólidos, camión estercolero o retroexcavadora, desde la sección de entrada a la laguna.

La superficie de la zona de salida, será generalmente autolimpiante por la pendiente de 3H:1V, o podrá limpiarse con agua una vez que el nivel esté por debajo de los -1.5 m (cuando la limpieza de sólidos).

Laguna facultativa

La laguna facultativa estará conectada a la laguna anaeróbica por el o los caños de evacuación de fluidos de esta última.

Los diseños pueden ser similares a los utilizados para la laguna anaeróbica. No se considera necesario establecer una rampa de acceso.

Ejemplo

Para un tambo con las características ingresadas en el programa como se muestra en los esquemas siguientes, ubicado en el Departamento de Colonia:

Tambo	Clima	Características Diseño	Condiciones Alta Producción	Condiciones Baja Producción
Ingreso Información Tambo				
Número Organos:		<input type="text" value="8"/>		
Número de vacas de diseño alta producción:		<input type="text" value="120"/>	Vacas	
Número de vacas de diseño baja producción:		<input type="text" value="50"/>	Vacas	
Manejo de Rodeo				
Periodos de concentración de pariciones:		<input type="text" value="Uno"/>		
Meses sin Parición:		<input type="text" value="3"/>		

Tambo	Clima	Características Diseño	Condiciones Alta Producción	Condiciones Baja Producción
Ingreso Información Condiciones Alta Producción				
Producción de leche:		<input type="text" value="17"/>	Litros por vaca por día (L/VO/D)	
Supuesto Digestibilidad de la Ingesta:		<input type="text" value="75"/>	%	
Tiempo Total de Ordeño:		<input type="text" value="2"/>	Horas/Ordeño	
Tiempo Individual de Ordeño:		<input type="text" value="9"/>	Minutos	
Número Lotes Arriados al Area de Ordeño:		<input type="text" value="2"/>	Lotes	
Número de Animales en el Primer Lote:		<input type="text" value="80"/>	Vacas	
Número de Animales en el Segundo Lote:		<input type="text" value="40"/>	Vacas	
Número de Animales en el Tercer Lote:		<input type="text" value="0"/>	Vacas	
Tiempo Muerto Primer Lote (min):		<input type="text" value="10"/>	minutos	
Tiempo Muerto Segundo Lote (min):		<input type="text" value="10"/>	minutos	
Tiempo Muerto Tercer Lote (min):		<input type="text" value="0"/>	minutos	
Tiempo que pasan antes o después ordeño:		<input type="text" value="5"/>	minutos	

Tambo	Clima	Características Diseño	Condiciones Alta Producción	Condiciones Baja Producción
Ingreso Información Condiciones Baja Producción				
Producción de leche:		<input type="text" value="13"/>	Litros por vaca por día (L/VO/D)	
Supuesto Digestibilidad de la Ingesta:		<input type="text" value="65"/>	%	
Tiempo Total de Ordeño:		<input type="text" value="0.8"/>	Horas/Ordeño	
Tiempo Individual de Ordeño:		<input type="text" value="9"/>	Minutos	
Numero Lotes Arriados al Area de Ordeño:		<input type="text" value="1"/>	Lotes	
Número Animales en el Primer Lote:		<input type="text" value="50"/>	Vacas	
Número Animales en el Segundo Lote:		<input type="text" value="0"/>	Vacas	
Número Animales en el Tercer Lote:		<input type="text" value="0"/>	Vacas	
Tiempo Muerto Primer Lote (min) :		<input type="text" value="10"/>	minutos	
Tiempo Muerto Segundo Lote (min) :		<input type="text" value="0"/>	minutos	
Tiempo Muerto Tercer Lote (min) :		<input type="text" value="0"/>	minutos	
Tiempo que pasan antes o después del ordeño:		<input type="text" value="0"/>	minutos	

Tambo	Clima	Características Diseño	Condiciones Alta Producción	Condiciones Baja Producción
Ingreso Información Diseño				
Sistema:	Almacenamiento con vertido de licor mezclado			
Área Recuperación Pluviales:	100	m2		
Caudal de diseño:	50	L/VO/d		
Caudal de diseño Diario:	5	L/d		
Características del sistema de almacenamiento con vertido de licor mezclado cada n meses				
Relacion Largo-Ancho del sistema de almacenamiento:	1.5			
Pendiente interior de los taludes:				
Tiempo entre descargas :	3	Meses		
Profundidad de laguna :	2	metros		
Altura Franquía :	0.5	metros		

Se decide construir una laguna de almacenamiento con vertido de licor mezclado. Si se decide construir una Laguna Tipo 1 , la pendiente podrá ser 1H:1V, 2H:1V o 3H:1V. Para el caso de la Tipo 2 será 1H:1V y para Tipo 3 será vertical.

En Pendiente interior de los taludes se deberá elegir lo que corresponda. El programa despliega entonces las dimensiones y volúmenes correspondientes. Los mismos se muestran en la **Tabla 2**.

Pendiente taludes	Laguna	Vol. Total	Vol. Líquido	Largo superior	Ancho superior
3:1	Tipo 1	978	681	31	21
2:1	Tipo 1	917	669	28	19
1:1	Tipo 1	860	657	25	17
	Tipo 2				
Vertical	Tipo 3	808	646	22	15

Tabla 2 - Dimensiones y volúmenes para el ejemplo de cálculo.

Puede verse que para el mismo servicio, dependiendo de la pendiente elegida el volumen de excavación será mayor para la pendiente 3:1, y mayor es el área requerida para la laguna. El volumen es mayor debido a que las aguas pluviales recogidas por este sistema son las mayores de todas.

Consideraciones constructivas acerca de las obras para el sistema de manejo de efluentes.

Generalidades

La construcción de las distintas obras de manejo de efluentes en tambos, requiere de ciertas verificaciones y controles que aseguren la calidad de lo construido.

Estas verificaciones deben ser sencillas y económicamente viables, como para no desestimular su aplicación. Se proponen verificaciones para cada elemento, muchas de ellas realizables por el propio productor.

Objetivo

Proponer procedimientos simples que permitan al productor verificar la calidad de los elementos del sistema de manejo de efluentes de su tambo.

Recomendaciones

Los elementos siguientes y sus propuestas constructivas figuran en la Ficha “Aspectos Constructivos”.

Corral de espera

Durante la construcción: controlar que sea retirado el suelo orgánico (unos 30 cm) previo a la compactación de los horizontes edáficos inferiores.

Es recomendable, tomar muestras de humedad y densidad, para controlar luego de la compactación, que el suelo está en el entorno de humedad y densidad requeridos (para tambos con $80 < VO < 250$).

Una vez construido el corral de espera, se controlarán las pendientes del piso, verificando con agua que la evacuación de las mismas sea hacia los desarenadores. Se verificará además, que el agua de los techos del tambo no sea vertida directa o indirectamente hacia el corral de espera.

Desarenadores

a) Una vez construidos los desarenadores, es conveniente realizarle una pequeña prueba de estanqueidad, para corroborar que no existan fugas. En el caso del desarenador tipo a) (Cámara desarenadora, de limpieza diaria) (Ver Ficha Aspectos Constructivos) deberá dejarse lleno de agua, hasta la salida durante una noche y constatar que el nivel de agua no baje. En el caso del desarenador b) Canal desarenador, de limpieza semanal, es aconsejable cerrar la entrada y la salida, dejándolo por lo menos una noche con por lo menos una decena de centímetros de agua y constatar que no se producen pérdidas.

Como control de eficiencia del desarenador, y para verificar que retiene las partículas sólidas adecuadamente, debe realizarse una prueba con un balde de arena y chorro de agua, simulando la situación de trabajo. En realidad, esta prueba tiene el inconveniente de que al no estar presentes los sólidos en suspensión, va a dar resultados mejores que los reales de funcionamiento del sistema. Debería controlarse por peso la cantidad de arena inicial y cuanta es retenida luego en el desarenador.

Lagunas de almacenamiento y lagunas anaeróbicas/ facultativas

Luego de la construcción de las lagunas, se deberá verificar que el licor no erosione el piso de las mismas, esto puede ser solucionado simplemente colocando una loseta en la zona de impacto. El piso y paredes laterales dependerán del tipo de solución adoptada, Tipos 1, 2 ó 3, según fueron descritas en la Ficha "Aspectos constructivos".

Si los fondos o paredes son de suelo compactado, deberá verificarse:

- Que no haya terrones sueltos, o zonas de eventual desprendimiento o fisuras;
- Si se realizó un ensayo de compactación, tomar por lo menos una muestra de densidad in situ y verificar que es superior al 98% de la máxima del ensayo Proctor y que la humedad natural en el entorno del 2% de la óptima ($W_n = W_{opt} \pm 2\%$). Ver Ficha Estudio de suelos.
- Que no se deje muchos días el sistema vacío ya que la arcilla se seca, se cuartea y fisura con aumento catastrófico de la permeabilidad macro. Una vez terminada de excavar, sería conveniente

ponerle por un tercio de altura de agua o efluente mientras se terminan los trabajos y antes de la puesta en servicio.

Si los fondos o paredes son de suelo cemento, deberá verificarse:

- Que no haya terrones sueltos, o zonas de eventual desprendimiento o fisuras;
- Que la cobertura obtenida tenga una textura y apariencia homogéneas.

En particular, una laguna en operación que se mantiene a un nivel constante o que nunca desborda pese a que ingresan efluentes y agua de lluvia es un síntoma de pérdidas importantes por filtración de fondo o de paredes, por lo que debe interrumpirse su operación, vaciarse y verificar sus condiciones operativas. (Verificar fondo, paredes fisuras, zonas permanentemente húmedas en los alrededores de la laguna). **Este caso representa un riesgo muy alto de contaminación de la napa freática con sus importantísimas pérdidas ambientales.**

Canales/tubos conectores

Realizar una prueba de estanqueidad, como se propuso para elementos anteriores.

Consideraciones finales

A modo general, es importante realizar una revisión periódica visual de todo el sistema, observar si hay obstrucciones, si hay caños o canales rotos que puedan generar fugas.

Para tambos mayores de 250 Vacas en ordeño o para predios ubicados en zonas de riesgo 3 (Ver Ficha Estudio de suelos), es recomendable que los trabajos de supervisión sea dirigidos por un técnico especialista en la materia.

Consideraciones acerca de las actividades a realizar con el objetivo de que el sistema de manejo de efluentes, opere en las mismas condiciones para las que fue diseñado.

Generalidades

La correcta operación y el mantenimiento del sistema de manejo de efluentes, es tan importante como el correcto diseño del mismo. Fallas en la operación producirán ineficiencias que pueden ser severas y hacer colapsar del sistema de manejo.

En esta ficha técnica se realizan recomendaciones generales para la operación y mantenimiento de distintos componentes de los sistemas de manejo de efluentes.

Desarenadores

Los desarenadores o trampas de arena están ubicadas en el punto de descarga del efluente y funcionan por un desnivel entre el punto de entrada y salida. El objetivo de estas trampas es retener áridos (arena, piedras, granos).

Es imprescindible su uso, si se utiliza riego directo con bomba o si se utilizan bombas para la evacuación de los lodos de las lagunas. Los sólidos de mayor tamaño (piedras, granos) son elementos que aumentan el riesgo de roturas en bombas.

Un sistema operando en condiciones distintas a las de diseño conlleva a ineficiencias y posible colapso del sistema de manejo.

El pasaje de arena por los cabezales de las bombas, provocará un desgaste excesivo, y por lo tanto la disminución del tiempo de vida útil de éstas.

La utilización de estas trampas previas a las lagunas, evita también que material inerte, no biodegradable termine en estas, restando eficiencia a las mismas.

Para el correcto funcionamiento de las trampas de arena, se requiere una limpieza frecuente de las mismas, la cual depende de la capacidad de acumulación arena/piedra establecida en las condiciones de diseño. Esta limpieza es más frecuente en los meses lluviosos, donde es muy importante el arrastre de tierra que realizan los animales, dado el estado de la caminería.

En el diseño y construcción de las trampas de arena es necesario tener en cuenta la forma de limpieza de las mismas. Trampas pequeñas y profundas, que exigen limpieza manual no son recomendables, ya que por sus características son poco prácticas de limpiar, lo que aumenta el tiempo entre limpieza.

Estercoleros

Los pozos estercoleros son una alternativa empleada para la separación primaria de sólidos. Son sedimentadores de flujo vertical (estructura de hormigón) en donde llega el efluente crudo y se separan los sólidos por sedimentación. Queda retenida la fracción pesada del

estiércol, que contiene importante cantidad de compuestos lignocelulósicos. En la parte superior usualmente tiene un caño (tipo sifón) que permite el pasaje del líquido sobrenadante a la siguiente etapa del tratamiento, quedando retenida en el estercolero, la mayor parte de la fracción sólida.

Este tipo de separador de sólidos requiere de una limpieza frecuente para su óptimo funcionamiento (típicamente cada días 10 -15 días). De no realizarse la limpieza con la frecuencia establecida en el diseño, se producirán arrastres hacia etapas siguientes del sistema de tratamiento.

La limpieza de estas unidades requiere el uso de bomba de sólidos y cañerías de distribución o estercolera y tractor para distribuir los residuos en el terreno.

El material extraído del pozo tiene un porcentaje de sólidos que depende del tiempo entre limpiezas, siendo del orden de 10% de materia seca si la limpieza se realiza en los tiempos adecuados y de 15 a 20% si la limpieza es menos frecuente (2-3 meses). Un contenido del 10% de sólidos, presenta dificultades para su extracción por bombeo, a porcentajes mayores este aspecto se agrava al punto de que puede hacerse imposible su extracción con las bombas de las estercoleras. Esto determina significativas diferencias en el manejo del material.

La operación de limpieza puede consumir una jornada de trabajo y requiere maquinaria adecuada además de las condiciones climáticas propicias, que no siempre se conjugan favorablemente. De no efectuarse las operaciones de limpieza establecidas con la frecuencia de diseño, se obtiene un sedimentador colmatado y los sólidos ingresan a la siguiente etapa del tratamiento, lo cual no es deseable. De esta forma baja considerablemente la eficiencia del sistema del manejo del efluente.

Lagunas

En el diseño de la lagunas, debe estar contemplada la forma de limpieza de las mismas, de lo contrario no operaran correctamente en el mediano plazo.

Luego de construidas, es importante que las lagunas no queden vacías. Las mismas se deben llenar con agua o efluente hasta un tercio de altura una vez terminada la obra. Esto protegerá la obra civil de quiebres y grietas. La existencia de agua limpia incluso disminuirá los olores posibles al comenzar el ingreso del efluente en la laguna.

**NO AGREGAR AGUA LIMPIA A LA LAGUNA
UNA VEZ QUE ESTA ESTÁ OPERANDO**

En la medida de lo posible, es conveniente realizar el arranque de las lagunas en la primavera. Esto permitirá el desarrollo de las bacterias en los meses más cálidos, lo que es altamente favorable para ello. Sistemas que arranquen en otoño o invierno, pueden acarrear algunos problemas de olores, ya que la flora bacteriana óptima no esta desarrollada aún.

Se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La acidez/alcalinidad de la laguna es importante (laguna anaerobia de tratamiento o de la laguna de almacenamiento). El pH de la laguna se debe mantener entre 6.5 y 9. Si es menor es aconsejable agregar soda cáustica o cal.
- No permitir el ingreso de productos químicos a la laguna. Estos pueden inhibir el procesos de degradación del efluente.
- No arrojar jeringas, guantes y demás productos de plástico al sistema.
- Evitar el ingreso de agua de lluvia y aguas no contaminadas a las lagunas.
- En ningún caso se deben arrojar animales muertos a las lagunas.
- Mantener los caños y conexiones de entrada y salida a las lagunas, limpios y en buen estado. Evitar conexiones en ángulo recto que provoquen oclusiones.
- Realizar las conexiones de entrada y salida de forma de evitar cortocircuitos y volúmenes muertos en las lagunas.
- No es aconsejable vaciar las lagunas completamente, sino que es conveniente dejar un 10-15% de sólidos acumulados. De esta forma, queda un remanente de flora apto para la depuración del material a tratar.

Presencia de animales o niños en las cercanías

Las lagunas son potencialmente peligrosas para niños, animales domésticos y ganado, por lo que se deben de tomar las precauciones necesarias para evitar cualquier accidente. De existir el riesgo es conveniente cercar las mismas de forma de evitar el paso hacia ellas.

Debe impedirse el pisoteo del ganado cerca de la laguna, ya que pueden destruir la obra civil.

Control de plantas acuáticas

La presencia de plantas acuáticas en la laguna, reducen la capacidad de depuración de éstas, aumentando asimismo la cantidad de sólidos aportados. Además es incompatible con el uso de sistemas de bombeo y agitación para la limpieza de las lagunas.

En el caso de sistemas de tratamiento parcial con dos lagunas en serie, debe impedirse la presencia de plantas en la segunda laguna (facultativa), ya que las mismas impedirán el pasaje de luz solar y de aire, inhibiendo de esta forma el mecanismo de depuración previsto.

Lagunas de almacenamiento

Para asegurar el correcto funcionamiento de las lagunas de almacenamiento, es conveniente que estas se encuentren lo suficientemente vacías al comienzo de los meses de baja evapotranspiración, de forma de asegurar la contención del efluente generado en estos meses.

Lagunas de tratamiento parcial

Habitualmente estas lagunas están diseñadas para limpiarse cada un determinado número de años (generalmente alrededor de 5 años). No prever el sistema de limpieza de las mismas provoca grandes inconvenientes operativos, que llevan a tener lagunas completamente colmatadas.

Métodos de vaciado de lagunas de almacenamiento o anaerobias

Las lagunas pueden vaciarse con agitador (revolvedor), bomba y sistema de distribución, con bomba y cisterna estercolera, o con retroexcavadora.

El “revolvedor” o agitador se acopla a la toma de fuerza del tractor y que se emplea con el fin de suspender los sólidos y que su bombeo resulte más sencillo.

Las bombas estercoleras pueden instalarse flotantes dentro de la laguna y se pueden acoplar a irrigadores móviles o estacionarios, y en general se requieren de al menos 5Hp de potencia. La instalación eléctrica requerida puede ser monofásica o trifásica. Este método es apto para el vaciado tanto de almacenamientos y vaciado de licor mezclado como para limpiezas de fondo de lagunas anaerobias o almacenamientos con vertido de sobrenadante. Para los dos últimos casos es recomendable el empleo de revolvedores y la eficiencia de la operación dependerá del tiempo de estacionamiento de los lodos en el interior de las lagunas, lo cual influye sobre las características físicas de éstos.

Otra alternativa es emplear una bomba y cisterna estercolera para distribuir posteriormente los barros. Esta alternativa no es recomendable para el vaciado de lagunas con licor mezclado pues el volumen a manejar es muy grande y esto encarece la operación. Puede considerarse esta alternativa para el limpieza de fondo tanto de lagunas anaerobias como de almacenamientos con vertido de sobrenadante. El revolvedor ayudará también para el caso en que se emplee este sistema de vaciado.

En los dos casos anteriores la distribución de los barros se produce en el mismo momento del vaciado. Para estimar el contenido de nutrientes de los barros consúltese la Ficha “Valor fertilizante del efluente”

Para limpiar una laguna donde la concertación de sólidos es mayor de 10%, es habitual el uso de retroexcavadoras. Estas presentan primero la limitante práctica de que el alquiler de una retroexcavadora con un brazo acorde para llegar a todos los lugares de la laguna, es muy costoso, por lo que las retroexcavadoras utilizadas, son de porte menor, no llegando el brazo de estas a realizar una limpieza uniforme. Por otro lado, es altísimo el riesgo de dañar la impermeabilización y los taludes de las lagunas. La experiencia ha demostrado que vale la pena prever la forma de limpieza, debiendo considerarse la eventual entrada de máquinas en la realización de la obra civil. Se recomienda remitirse a la Ficha “Aspectos Constructivos” para diseño de lagunas con rampa de ingreso para limpieza de fondo.

Después de limpiar los barros con retroexcavadora debe preverse su distribución adecuada en el terreno, pues una acumulación de los mismos al costado de la

laguna representa un riesgo de contaminación.

En general, no deben existir costras en la parte superior de la laguna. La formación de estas, es un indicativo o de que se excedió el tiempo de limpiezas de las lagunas o que la laguna fue subdimensionada a la realidad del tambo. Por otro lado la presencia de lodos en la superficie de la laguna, favorece el desarrollo de plantas en la misma, con los inconvenientes que esto trae asociado.

Programa de mantenimiento general de lagunas

Tareas a realizar diariamente

- Antes y después de cada ordeñe mover la posición de la canaleta de desvío de aguas pluviales, si las hubiere, para evitar el ingreso de agua limpia al sistema de manejo.
- Vaciar la trampa de arena en caso de contar con un Desarenador tipo 1 (Ver Ficha "Aspectos Constructivos")

Regularmente

- Limpiar la trampa de arena y las canaletas (cañerías de conducción del efluente y cañerías de conducción de las aguas pluviales).
- Chequear que los caños y conexiones de entrada y salida a la o las lagunas no estén tapados.
- Chequear que las paredes de la laguna estén estables y sin erosiones.
- Controlar el crecimiento de malezas dentro y en los alrededores de la laguna.
- Realizar las limpiezas de la/ las laguna/as con la frecuencia y el mecanismo establecidos en el diseño.



Estercolero .



Trampa de arena sin mantenimiento.



Estercolero sin mantenimiento.

Problemas constatados en lagunas como consecuencia de ausencia o mal mantenimiento.



Lagunas con mal mantenimiento. Laguna colmatada y los taludes totalmente degradados.



Taludes destrozados, el efluente corre sin control.



Laguna con taludes erosionados. Caños de entrada sin mantenimiento.



Crecimiento desmesurado de plantas en laguna anaerobia.

Parte de la literatura consultada está detallada en el Informe del Proyecto INIA FPTA 138 (<http://www.fing.edu.uy/iq/reactores/desar.htm>)

American Society of Agricultural Engineers (ASAE)2001. Manure Production and characteristics. ASAE Standards D384.1, ASAE, St Joseph, MI, United States.

Andrew Crocos, Wodonga. June, 2000. Dairy effluent: Applying dairy shed effluent to land . Agriculture Notes, Victoria, Australia. ISSN 1329-8062 AG0432. ISSN 1329-8062.

Barrie Bradshaw, Ellinbank October, 2002 Dairy effluent: Pond maintenance and desludging. Victoria, Australia. AG0423. ISSN 1329-8062.

Blumenthal U, Mara, D, Ayres, R, Cifuentes, E, Peasey,A, Stot, R Lee, D and Ruiz -Palacios. (1996) Evaluation of the WHO nematode egg Guidelines for restricted and unrestricted irrigation. Wat Sci Tech Vol 33, n10-11 pp 277-283.

Blumenthal U, Strauss, M. Mara, D, and Caincross, S. (1989) Generalised Model of the Effect of Diferent Control Measures in reducind health risks from waste reuse. Wat. Sci. Tech Vol 21 pp 567-577.

Charlón V.; Taverna, M. Anuario 2004. INTA Rafaela. Producción Animal. Tecnología de ordeño y calidad de leche. Particularidades de los efluentes originados en instalaciones de ordeño. Argentina.

Dairying and the environment committee (2006), "Managing Farm Dairy Effluent Manual", <http://www.dairynz.co.nz/>

Daniel Ess and Stephen Hawkins (Purdue University) and Charles Gould and Lee Jacobs, (Michigan State University). Best Environmental Management Practices Farm Animal Production Manure Applicator Calibration. Purdue University Cooperative Extension Service, USA.

David Hopkins (Colac) and Colin Waters (Ellinbank) April, 1999. Dairy effluent: Protecting groundwater. AG0841 ISSN 1329-8062.

David Hopkins, Colac, July, 1999. Dairy effluent: Application to pastures. AG0419. Agriculture Notes, Victoria, Australia. ISSN 1329-8062.

Dong, H; Mangino, J, McAllister, T, Hartfield J; Johnon, D; Lassey, K; de Lima, M.; Romanovskaya, A. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 10.

Fulhage Charles D. Laboratory Analysis of Manure PUBLISHED BY MU EXTENSION, UNIVERSITY OF MISSOURI-COLUMBIA muextension.missouri.edu/xplor/

Fyfe, Julian (2004). Performance evaluation of two dairy shed waste management systems in the southern highlands of NSW. Master Thesis of Engineering University of Wollongong, Australia.

Gamroth, M. Moore, J. (1996). Assessing Your Manure Management for Quality Risk. Oregon State University Extension Service, Oregon USA.

Ghaly A. E. and Singh R. K. (1991) Laboratory evaluation of the pollution potential of land applied dairy manure. Waste Management Volume 11, Issue 4, 1991, Pages 307-318.

Guerrin, F.; Paillat, J.M. (1999). Mona Lise : modèle numérique symbolique d'aide à la gestion de lysiers d'élevage. Rapport 34/99, Cirad Tera/Ere, La Réunion. Francia.

Guerrin, F.; (2001). MAGMA: a simulation model to help manage animal wastes at the farm level. Computers and Electronics in Agriculture 33 (2001)35-54. Francia.

Guía de la OMS para el uso seguro de aguas residuales. Vol 2: Wastewater use in agriculture. ISBN 92 4 154683 y Vol 4: Excreta and grey water use in agriculture. ISBN 92 4 154685.

H. VAN HORN,* A. C. WILKIE,s W. J. POWERS,Z and R. A. NORDSTEDT4 (1994) Components of Dairy Manure Management Systems'. H Departments of Dairy and Poultry Sciences, Soil and Water Science, and Agricultural Engineering University of Florida Gainesville 3261 1 Journal of Dairy Science Vol. 77, No. 7.

Hart J., Grangwer M., Graham M., Marx E.S. (1997). Dairy Manure as a fertilizer source. Oregon State University Extension Service, Oregon, USA.

Houlbrooke David and Monaghan Ross, May 2006. USING 'LOW RATE' IRRIGATION TO APPLY FARM DAIRY EFFLUENT TO LAND IN OTAGO. AgResearch, Invermay Agricultural Centre, Mosgiel, New Zealand.

INTA, (1999) "Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño" Taverna, M; Charlón, V; Panigatti, C; Castillo, A; Serrano, P; Giordano, J. Argentina.

Miner, R. (1995). Assessing the Risk of Groundwater Contamination from Livestock Manure Management. Extension service, Oregon State University, Oregon, USA.

Morón, J. Molfino, J. Sawchik, A. Califra, E. Lazbal, A. La Manna, E. Malcuori. (2006) Jornada Técnica de Lechería, Florida Junio de 2006. Calidad del suelo en las principales áreas de producción lechera de Uruguay: Avances en el departamento de Colonia.

Nennich, T.D.; Harrison, J.H.; Van Wieringen L.M.; Meyer, D; Heinrichs, A.J. Weiss, W.P. St-Pierre, N. R. Kincaid, R.L.; Davidson, D.L. and Block, E. (2005). Prediction of Manure and Nutrient Excretion from Dairy Cattle J Dairy Sci. 88:3721-3733.

Salazar, F, Dumont, J.c.; Chadwick, D., Saldaña, R.; Santana, M. (2007). Characterization of Dairy Slurry in Southern Chile farms. Agricultura Técnica (Chile) 67(2): 155-162 ISSN 0365:2807.

Scott McDonald, Kyabram, February 2006. Dairy Effluent: Building and Operating a Safe System. Victoria Australia, AG0444 ISSN 1329-8062.

Scott McDonald, Kyabram, March 2006. Dairy Effluent: Choosing a Pond System. Victoria Australia AG0422. ISSN 1329-8062.

Scott McDonald, Kyabram February 2006. Is the Farm's Effluent System Working Efficiently? Victoria, Australia, AG0406 ISSN 1329-8062.

Scott McDonald, Kyabram, April 2007. Dairy Effluent: Choosing an Effluent Management System. Victoria, Australia, AG0840 ISSN 1329-8062.

Ted W. Tyson, Extension Agricultural Engineer, Associate Professor, Agricultural Engineering, Auburn University. (1996). Planning And Managing Lagoons For Dairy Waste Treatment Of Dairy Waste, University Extension. University of Missouri-System, Columbia, MO, USA.

Vazquez Montiel, O, Horan, N, Mara, D. (1996) Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. Wat. Sci.Tech. Vol 33 n10-11 pp 355-362.



Manual para el manejo de Efluentes de Tambo

El presente manual fue elaborado en el marco del acuerdo entre el Proyecto Producción Responsable del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca y la Fundación Julio Ricaldoni, de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

Ante el aumento y la intensificación de la producción láctea, este manual pretende ser una guía para los técnicos asesores y productores de establecimientos lecheros, que se enfrentan a diario con el problema de la eliminación de los efluentes del tambo.

Trata de orientar sobre el manejo y tratamiento de las descargas de efluentes que más de adecuen a cada tambo y la forma de prevenir impactos ambientales adversos sobre los recursos naturales involucrados.

Se presenta bajo forma de fichas temáticas independientes y es complementado con un programa, disponible en el sitio Web www.mgap.gub.uy/presponsable, que permite dimensionar las obras a realizar.