

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



INGENIERIA CIVIL

PROYECTO FINAL N° 31

*“Tratamiento de Efluentes para Planta de
Engorde Intensivo de Bovinos a Corral”*

Alumna
MORELLI, Valeria Carolina

DIRECTOR ACADEMICO: ING. CARLOS ALBERDI

DIRECTOR DE PROYECTO: ING. ALBERTO ARMAS

ASESOR DE PROYECTO: ING. ALFREDO GUILLAUMET

- JULIO 2009 -

UTN FRVT



N°Reg: 3809 N°PAT: 0

RESUMEN

El aumento de la producción de carga por este sistema en la región y la zona, con altas concentraciones de materia orgánica en poco espacio, produciendo un aumento hacia el 20% de los efectos indeseables sobre áreas urbanas, se requiere para el trabajo de gestión y diagnóstico final de los efectos de los recursos.

El estudio de la gestión de recursos de hombres y animales, especialmente aquellos que se encuentran en la zona de estudio.

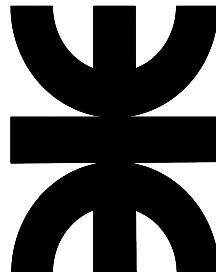
El estudio de la gestión de recursos de hombres y animales, especialmente aquellos que se encuentran en la zona de estudio, se realiza en cuenta las necesidades de las organizaciones, la integración del sistema de gestión de recursos.

El estudio de la gestión de recursos de hombres y animales, especialmente aquellos que se encuentran en la zona de estudio, se realiza en cuenta las necesidades de las organizaciones, la integración del sistema de gestión de recursos, con el fin de mejorar la calidad de vida de los recursos humanos y animales.

El estudio de la gestión de recursos de hombres y animales, especialmente aquellos que se encuentran en la zona de estudio, se realiza en cuenta las necesidades de las organizaciones, la integración del sistema de gestión de recursos, con el fin de mejorar la calidad de vida de los recursos humanos y animales.

El estudio de la gestión de recursos de hombres y animales, especialmente aquellos que se encuentran en la zona de estudio, se realiza en cuenta las necesidades de las organizaciones, la integración del sistema de gestión de recursos, con el fin de mejorar la calidad de vida de los recursos humanos y animales.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO



INGENIERIA CIVIL

PROYECTO FINAL N° 00

*“Tratamiento de Efluentes para Planta de
Engorde Intensivo de Bovinos a Corral”*

Alumna
MORELLI, Valeria Carolina

DIRECTOR ACADEMICO: ING. CARLOS ALBERDI

DIRECTOR DE PROYECTO: ING. ALBERTO ARMAS

ASESOR DE PROYECTO: ING. ALFREDO GUILLAUMET

- JULIO 2009 -

RESUMEN

Debido al aumento de la producción de carne por este sistema en la región y la zona, lo cual genera gran concentración de materia orgánica en poco espacio, produciéndose escapes contaminantes hacia el ambiente y efectos indeseables sobre áreas urbanas, se proponen alternativas para el tratamiento, gestión y disposición final de los efluentes para minimizar dichos efectos.

Se realiza un análisis de la problemática en los sistemas intensivos de bovinos a corral, referente a los elementos que componen dicho sistema, en especial aquellos que tienen importancia en el impacto al ambiente.

Se estudia la elección del sitio y la vulnerabilidad ambiental, teniendo en cuenta las condiciones de la topografía y el suelo, el potencial contaminante de las deyecciones, la degradación del aire originada en la emisión de olores y polvos, y la degradación del paisaje por la misma estructura intensiva del sistema.

El proyecto también contempla el diseño de los sistemas de captura, contención y tratamiento de efluentes líquidos y estiércol con el fin de eliminar o reducir el escape de contaminantes y minimizar los efectos indeseables sobre las áreas urbanas.

Se plantean alternativas para su procesamiento de modo de transformar desechos en insumos.

Se incluye en el trabajo pautas y controles para la ubicación de dichos sistemas y la determinación de costos de instalación y costos operativos, que permite definir la factibilidad económica del proyecto.

OBJETIVOS

El proyecto abarca los siguientes objetivos:

- Caracterizar la problemática en el sistema productivo.
- Analizar las áreas de riesgo para controlar o reducir sus efectos.
- Evaluar la vulnerabilidad ambiental del sitio elegido para la implementación de dicho sistema.
- Desarrollar un diseño de tratamiento de efluentes líquidos y estiércol, teniendo en cuenta las características hidrológicas y topográficas, el cual permitirá eliminar o reducir el escape contaminante hacia el ambiente.
- Sugerir posibles usos de las excretas recolectadas.
- Proveer pautas para la ubicación y un análisis económico en cuanto a los costos involucrados para su instalación y mantenimiento.

INDICE

TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA PLANTA DE ENGORDE INTENSIVO A CORRAL

INTRODUCCIÓN	1
<u>CAPITULO 1:</u> SISTEMA DE ENGORDE INTENSIVO DE BOVINOS A CORRAL (FEEDLOT)	
1-1- Definición	2
<u>CAPITULO 2:</u> CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EN EL SISTEMA PRODUCTIVO	
2-1- Introducción	4
2-2- Problemática del uso directo del estiércol bovino	4
2-3- Componentes del sistema de engorde a corral	7
2-3-1- Proceso: aumento de peso y producción de carne	8
2-3-2- Entrada al sistema: componentes mínimos de la explotación	8
2-3-2-1- Componentes que pueden tener efectos en el ambiente	8
2-3-3- Salidas del Sistema	10
2-3-3-1- Gases de fermentación ruminal	10
2-3-3-2- Excretas	10
2-4- Descripción de los posibles impactos al ambiente	11
2-4-1- Aire	11
2-4-2- Suelo y Agua	12
<u>CAPITULO 3:</u> ELECCIÓN DEL SITIO	
3-1- Aptitud ambiental	13
3-1-1- Topografía y Suelo	13
3-1-2- Ubicación geográfica	14
3-2- Aptitud para distribuir las instalaciones	15
3-2-1- Distribución de superficies	15
3-2-2- Disponibilidad de agua	15
3-3- Marco Legal	16
<u>CAPITULO 4:</u> VULNERABILIDAD AMBIENTAL DEL SITIO	
4-1- Generalidades – Cuadro 1.Vulnerabilidad	22
4-2- Profundidad de la napa freática	23
4-3- Ubicación topográfica	23

4-4- Proximidad a cuencas hídricas o recursos hídricos superficiales	24
4-5- Pendientes	24
4-5-1- Carta Topográfica	25
4-6- Probabilidad de anegamientos	26
4-7- Tipo de suelo	26
4-8- Precipitación anual	28
4-9- Temperaturas	29
4-10- Proximidad a áreas sensibles	30
4-11- Distancias a rutas o caminos de alto tránsito	30
4-12- Dirección de los vientos	30
4-13- Cuadro 2. Información insumo para verificar la aptitud del sitio	31

CAPITULO 5: PAUTAS PARA EL DISEÑO DE CORRALES

5-1- Corrales de alimentación	32
5-1-1- Tamaño	32
5-1-2- Disposición	32
5-1-3- Piso y pendientes.....	32
5-1-4- Comederos	33
5-1-5- Bebederos	38
5-1-6- Lomas en los corrales	39
5-1-7- Sombra	41
5-1-8- Protecciones	43
5-1-9- Refugio	44
5-1-10- Materiales y construcción de los corrales	46
5-1-11- Calles de alimentación	46
5-1-12- Calles de los animales	46
5-2- Corrales de recepción	48
5-3- Corrales de enfermería	49

CAPITULO 6: TRATAMIENTO DE EFLUENTES GANADEROS

6-1- Clasificación de los procesos de tratamiento de efluentes ganaderos	50
6-1-1- Procesos con cogeneración asociada	50
6-1-2- Procesos de depuración completos	50
6-1-3- Procesos de compostaje	50
6-1-4- Procesos de depuración parcial	50
6-1-5- Procesos de acondicionamiento	50
6-2- Operaciones unitarias aplicadas en el tratamiento de efluentes ganaderos	51
6-2-1- Operaciones de pretratamiento	51
6-2-2- Operaciones de tratamiento	52
6-2-3- Operaciones de post-tratamiento	53

CAPITULO 7: ESTRUCTURA DE CAPTURA Y MANEJO DE EFLUENTES Y ESTIÉRCOL

- Flujograma del sistema de tratamiento.....	54
- Esquema del sistema de tratamiento	55
7-1- Manejo de los efluentes líquidos	56
7-1-1- Área de captura y drenajes	56
7-1-1-1- Área de captura	56
7-1-1-2- Drenajes	57
7-1-2- Sedimentador	58
7-1-2-1- Componentes del sedimentador	58
7-1-2-2- Criterios de diseño	59
7-1-2-3- Área superficial del sedimentador	60
7-1-2-4- Tiempo de retención hidráulico	62
7-1-3- Laguna anaerobia	62
7-1-3-1- Diseño	64
7-1-3-2- Dimensionamiento de la laguna anaerobia	65
7-1-4- Laguna facultativa	68
7-1-4-1- Descripción del proceso	68
7-1-4-2- Microbiología del proceso	68
7-1-4-3- Análisis del proceso	69
7-1-4-4- Dimensionamiento de la laguna facultativa	70
7-1-5- Calculo del movimiento de tierra	73
- Esquema de las lagunas	75
7-1-6- Humedal	76
7-1-6-1- Componentes del humedal	79
7-1-6-2- Consideraciones ambientales	83
7-1-6-3- Consideraciones de construcción	85
7-1-6-4- Rendimientos esperados	87
7-1-6-5- Modelo general de diseño	93
7-1-6-6- Calculo del humedal	95
7-1-7- Sistemas de baja carga	99
7-1-7-1- Tratamiento previo a la aplicación	102
7-1-7-2- Riego con efluentes líquidos	102
7-1-7-3- Calidad de los efluentes	103
7-1-7-4- Método de distribución – Sistema de aspersión	105
7-2- Manejo del estiércol	105
7-2-1- Estimación de la producción	105
7-2-2- Acumulación de estiércol	107
7-2-3- Limpieza de los corrales	108
7-2-4 Atrincherado fuera de los corrales	109
7-2-5 Compostaje	110
7-2-5-1- ¿Que es el compostaje?	110
7-2-5-2- Propiedades sobre el suelo	110
7-2-5-3- Factores que condicionan el proceso del compostaje	111
7-2-5-4- Población microbiana	112
7-2-5-5 El proceso de compostaje	112

7-2-5-6- Manejo del composta en sistemas ganaderos intensivos	114
7-2-5-7- Aspectos de construcción y manejo de composteras	114
7-2-5-8- Impacto ambiental derivado del compostaje	114
7-2-6- Abonado con estiércol	117

CAPITULO 8: ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

8-1- Costo de instalación	120
8-2- Costo de mantenimiento	121

CONCLUSIÓN	122
-------------------------	-----

ANEXO – Glosario	123
-------------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	125
---------------------------	-----

INTRODUCCION

El sector animal de Argentina ha experimentado en la última década un cambio de estructura y procesos de inversión, de sus sistemas de producción.

El sistema de producción de bovino a corral (federos) ha crecido considerablemente en las regiones del norte, particularmente en la región pampeana.

Este crecimiento ha generado un aumento de la intensidad de bovinos a corral, lo que ha generado un aumento de la demanda de insumos y servicios, generando una problemática de acceso a insumos y servicios, lo que puede generar o agravar los riesgos.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

El riesgo de incendio es uno de los principales riesgos para el sector animal a corral, especialmente en el caso de los sistemas de producción de bovino a corral, debido a la gran cantidad de insumos y servicios que se utilizan en este sistema de producción, lo que genera un alto consumo de energía y agua, lo que puede generar un aumento de la temperatura y la humedad, lo que puede generar un aumento de la inflamabilidad de los insumos y servicios.

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

La producción animal de Argentina ha transitado en la última década un camino de transformaciones y procesos de intensificación de sus sistemas de producción.

Entre otros, la alimentación intensiva de bovinos a corral (feedlots) ha crecido instalándose en varias regiones del país y particularmente en la región pampeana.

El estudio del tratamiento de efluentes para planta de engorde intensivo de bovinos a corral surge como consecuencia del gran crecimiento de dichos sistemas en la zona. Con estos cambios percibidos, se genera en constante aumento una problemática a superar que es el manejo de los efluentes ganaderos, a fin de anular o minimizar los graves problemas medioambientales y sanitarios que esto produce.

Para poder resolver esta situación, es necesario identificar las áreas de riesgo para controlar o reducir sus efectos. En los sistemas de engorde intensivo a corral el área de mayor riesgo ambiental lo constituye la contaminación localizada de suelos y aguas, tanto subterráneas como superficiales, emergente de la acumulación de deyecciones y movimiento de efluentes y también la contaminación del aire y la degradación del paisaje. Deben considerarse numerosos aspectos que intervienen, de tal manera de proponer una instalación y manejo de estos sistemas bajo un perfil ambientalmente saludable, los aspectos a tener en cuenta incluyen:

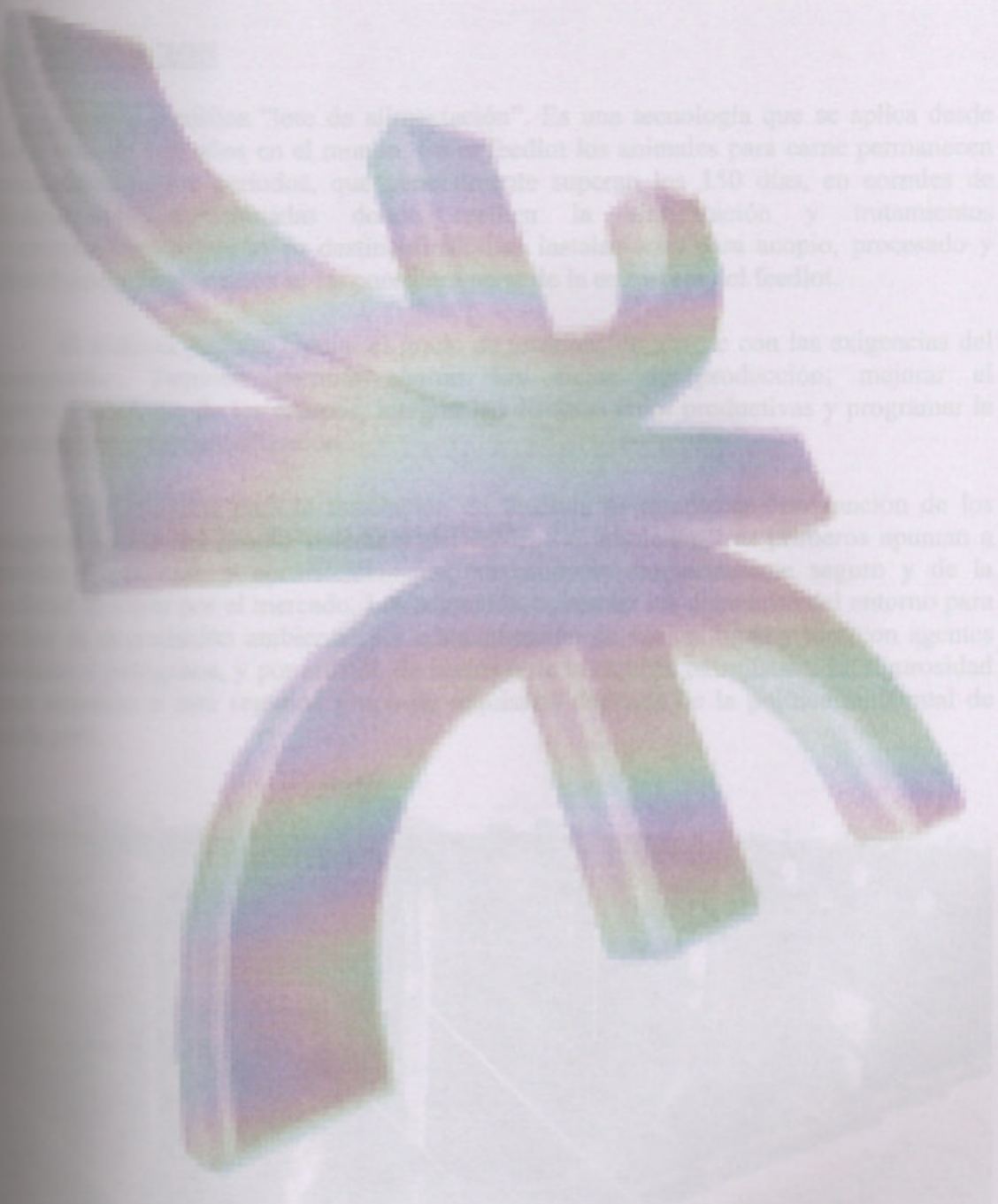
- ✓ Las características hidrológicas y topográficas.
- ✓ La textura del suelo, las pendientes y la profundidad de la napa freática.

Estos aspectos definirán el diseño de las estructuras de recolección de efluentes y estiércol.

El análisis se realiza en dos enfoques principales, en primer lugar caracterizar la problemática; y luego se describen las alternativas para su procesamiento de modo de transformar desechos en insumos.

- Caracterización de la problemática en el sistema productivo.
- Alternativas de procesamiento.
- Potencial de conversión de efluentes en recursos.

CAPITULO 1 SISTEMA DE ENGORDE INTENSIVO DE BOVINOS A CORRAL



CAPITULO 1

CAPITULO 1: SISTEMA DE ENGORDE INTESIVO DE BOVINOS A CORRAL (FEEDLOT)

1-1- DEFINICION

Feedlot significa “lote de alimentación”. Es una tecnología que se aplica desde hace más de 100 años en el mundo. En el feedlot los animales para carne permanecen confinados largos períodos, que generalmente superan los 150 días, en corrales de dimensiones determinadas donde reciben la alimentación y tratamientos correspondientes, según su destino final. Las instalaciones para acopio, procesado y distribución de alimentos se las considera parte de la estructura del feedlot.

El sistema permite regular el grado de terminación acorde con las exigencias del comprador. También permite acortar los ciclos de producción; mejorar el aprovechamiento de los campos; integrar las distintas áreas productivas y programar la producción y comercialización.

Los requisitos para la instalación de feedlots se establecen en función de los requerimientos del propio sistema y del entorno o ambiente. Los primeros apuntan a producir, eficiente y consistentemente, un producto sanitariamente seguro y de la calidad deseada por el mercado. Los segundos, a atender las demandas del entorno para evitar la degradación ambiental por contaminación de suelos, agua y aire con agentes tóxicos y patógenos, y por erosión de suelos o de la riqueza paisajística. La rigurosidad con respecto a este segundo grupo de requisitos depende de la política ambiental de cada país.



En todos los países existen normativas estatales con pautas y requisitos para el diseño y la aprobación de la instalación de feedlots en función de la escala productiva, las características del sitio y del entorno ambiental y social. Para el inicio de la actividad se requiere de una evaluación previa con aprobación técnica por parte de agencias oficiales pertinentes. El grado de complejidad de las presentaciones está ligado a la escala productiva y la vulnerabilidad del sitio.

En Argentina, la legislación de las provincias es inexistente o incipiente con respecto a la instalación de feedlots por lo que los proyectos iniciados, en su gran mayoría, no han tenido en cuenta aspectos ambientales o sociales más que los directamente asociados a la calidad del producto o a la eficiencia de producción.

CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EN EL SISTEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental constituye el principal problema ambiental debido a que...

...problemas ambientales que se derivan de las actividades productivas y de consumo...

...problemas ambientales que se derivan de las actividades productivas y de consumo...

...problemas ambientales que se derivan de las actividades productivas y de consumo...

...problemas ambientales que se derivan de las actividades productivas y de consumo...

1.2. ANÁLISIS DIRECTO DEL RESIDUO SÓLIDO BOVINO

El contenido de nutrientes de los bovinos es de 5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 1 kg de potasio. Si se considera la fracción líquida, el excremento...

...contiene el contenido de nutrientes en excrementos de un animal...

CAPITULO 2

CAPITULO 2: CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EN EL SISTEMA PRODUCTIVO

2-1- INTRODUCCIÓN

Los residuos ganaderos constituyen el principal problema ambiental debido a que:

- ✓ Eliminan gran proporción del nitrógeno y fósforo consumidos mediante el reciclaje por orina y excretas, reingresando al sistema desuniformemente.
- ✓ La incorrecta gestión de estos residuos puede plantear serios problemas sanitarios para los animales y personas que trabajan en la explotación.
- ✓ Hay un impacto ambiental debido a la aparición de olores procedentes de sustancias amoniacales y sulfhídricas, aparición de plagas de insectos, presencia de determinadas bacterias, contaminación de suelos y aguas subterráneas, aparición de gases y contaminación de los cauces donde son vertidos o de los acuíferos donde son filtrados.

El principal residuo generado en los engordes a corral es el estiércol, que corresponde a la mezcla de excreta y orina. Este residuo se genera en los corrales de engorde continuamente. El escurrimiento laminar se encausa para ser transportado y/o almacenado y luego dispuesto en el campo.

Un corral de engorde con 1.000 cabezas de ganado produce de 146 a 175 toneladas de estiércol húmedo por semana. Esta cantidad origina cambios en el sistema suelo, planta, animal, atmósfera produciendo un desbalance en el ciclo de los efluentes, producto de un aumento significativo del volumen de estiércol por unidad de superficie, originando problemas para los operadores de los corrales de engorde y sus vecinos.

2-2- PROBLEMÁTICA DEL USO DIRECTO DEL ESTIÉRCOL BOVINO

Una tonelada de excrementos de bovinos contiene cerca de 5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 4 kg de potasio. Si no se considera la fracción líquida, el excremento resulta en 2,5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 0,8 kg de potasio (1kg K₂O).

El siguiente cuadro muestra el contenido de nutrientes en excretas de un feedlot.

Nutriente	Promedio	Rango
Materia seca, %	70,50	50 a 90
Nitrógeno, %	2,19	1 a 3
Fósforo, %	0,83	0,4 a 1,3
Potasio, %	2,51	1,5 a 4
Magnesio, %	0,98	0,5 a 1,3
Azufre, %	0,49	0,2 a 0,7
Carbono orgánico, %	12,00	5 a 16
Sodio, %	0,69	0,3 a 1,3
Cloro, %	1,50	0,7 a 2,3
Zinc, ppm	154	80 a 283
pH	6,63	5,5 a 8,6

El exceso de estiércol resulta en lixiviación y movimiento superficial de nutrientes e incrementa el riesgo de salinización.

Se debe evitar aplicar efluentes líquidos o estiércol en áreas de alta recarga de acuíferos y sobre suelos salinos.

También, se deben evitar lotes para fertilización con estiércol que se encuentren muy próximos a sectores poblados o de recreación. El estiércol recientemente distribuido genera olores que pueden resultar muy molestos a las personas si la incidencia por proximidad o magnitud es alta.

El uso excesivo de estiércol como su acumulación evidencian en los sistemas ganaderos intensivos un incremento de:

- ✓ Emisiones de Amoníaco: antes y durante el almacenamiento y durante la aplicación a los campos.
- ✓ Emisión de NO₂ (óxido nitroso): éste se forma como un producto secundario del proceso de desnitrificación.
- ✓ Emisión de CH₄ (metano): formado durante la descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas.
- ✓ Escorrentía del estiércol y de sus componentes hacia el agua superficial: contribuyendo a la contaminación acuática.
- ✓ Lavado de nitratos y fósforo al agua subterránea: contribuyendo a la contaminación de aguas subterráneas.
- ✓ Contaminación microbiológica de napas subterráneas
- ✓ El impacto de productos veterinarios sobre la degradación del estiércol en pastizales y pasturas implantadas.
- ✓ El impacto sobre proliferación de enfermedades infecciosas en el ganado.
- ✓ El impacto sobre la proliferación de enfermedades infecciosas en la población.

Las fuentes de agua son especialmente vulnerables a la contaminación presentando el problema de la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas.

En los feedlots comunes, a cielo abierto y piso de tierra compactada, se remueven las excretas sólidas una o dos veces al año. Desde producido hasta su recolección, se produce una evaporación significativa del material fecal, alcanzándose valores de 70 a 80% de materia seca. Se remueve aproximadamente 1 tonelada por animal y por año - estimación grosera y muy afectada por el tipo de animal, la dieta, el clima y la

frecuencia de limpieza-. Con el desecado y el pisoteo de los animales, el material pierde volumen, se concentra y densifica incrementándose su peso específico. Cuanto mayor es el período de permanencia de los excrementos en los corrales, mayores son las pérdidas de elementos móviles como el nitrógeno y el potasio y menor es el valor fertilizante de este material.

Paralelamente, con la mayor permanencia promedio de las excretas en el corral se incrementan las emisiones de potenciales contaminantes del aire, del suelo y el agua.

Otro efecto que produce sobre el medio ambiente es el “efecto invernadero”, en el que participan cuatro gases distintos, de los cuales tres pueden provenir de las actividades ganaderas: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y el cuarto, los clorofluorocarbonos (CFC), de la actividad industrial (refrigerantes). La acción de éstos consiste en atrapar la radiación infrarroja en la atmósfera, impidiendo que escape al espacio, y así el planeta sufre un calentamiento atmosférico gradual.

También se generan impactos en el ambiente provenientes de la actividad ganadera intensiva a corral, correspondiente al causado por los efluentes que se originan por la recolección de los desagües a raíz de las precipitaciones, y al causado por el manejo de las excretas de los animales, en y fuera de los corrales. El engorde a corral genera grandes cantidades diarias de residuos orgánicos (grandes consumidores de oxígeno), con importantes aportes de nitrógeno y fósforo, además de patógenos, que vehiculizados por el agua pueden producir enfermedades en las personas. Todos pueden constituir peligro potencial de contaminación del suelo, los cursos de agua superficiales y subterráneos por escorrentías y filtraciones, y de la baja atmósfera por el gas amoníaco. Estas contaminaciones contribuyen al proceso de eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Si estos residuos llegan a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento, aumentan la cantidad de nutrientes para los organismos productores (algas), con lo cual aumenta su biomasa. En los momentos de oscuridad, por su actividad metabólica consumen oxígeno disuelto en agua, disminuyendo la disponibilidad del oxígeno para la vida acuática.

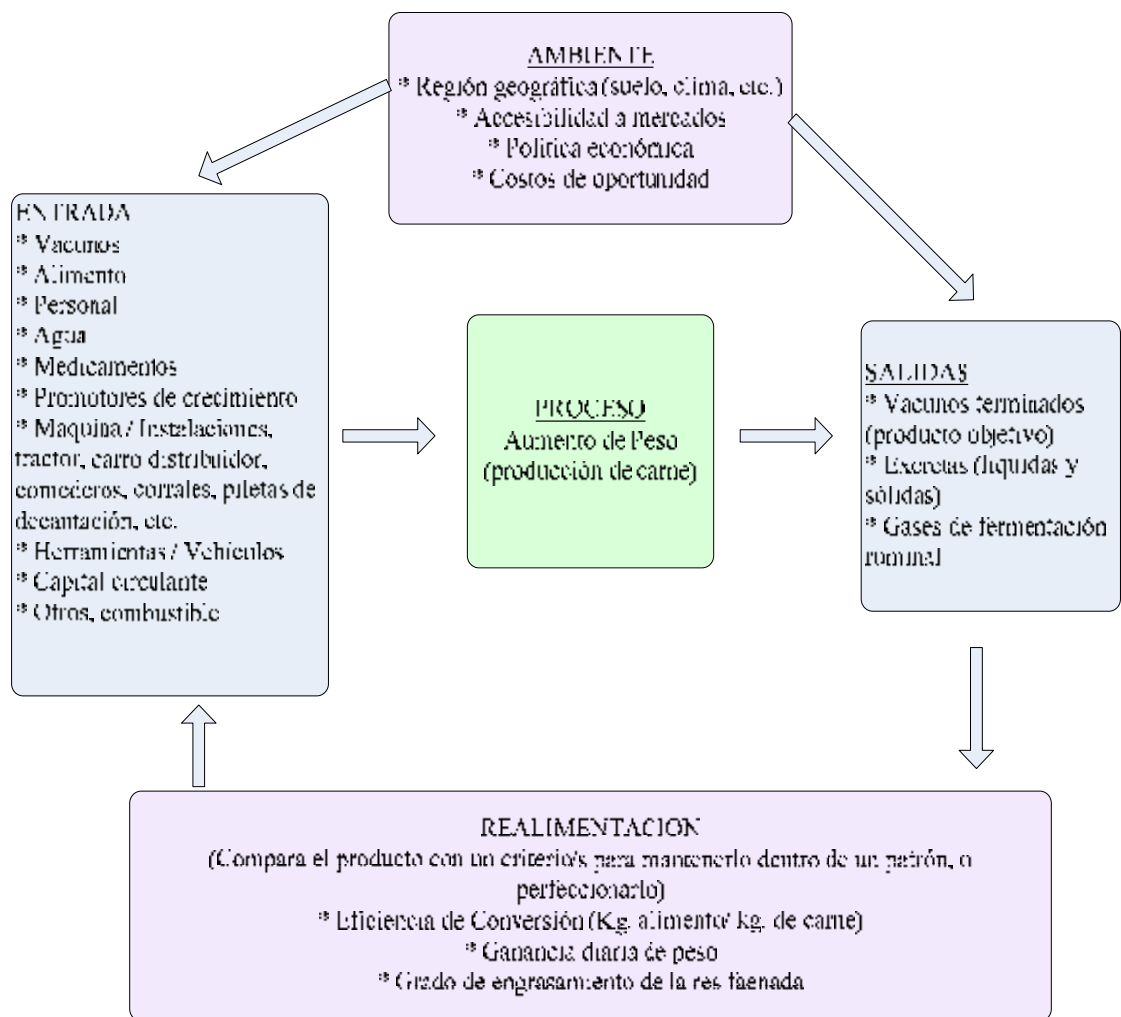
Puede considerarse como contaminante del aire las partículas de polvo que pueden levantarse, pudiéndose crear zonas de baja visibilidad en las rutas adyacentes, inconvenientes en poblaciones lindantes y agravar posibles enfermedades respiratorias de los bovinos.

La emisión de gas amoníaco a partir del nitrógeno de las excretas se disipa en la atmósfera, y además es de feo olor. El estiércol, por su contenido de materia orgánica y humedad, es un sustrato sumamente propicio para la proliferación de moscas, especialmente en zonas húmedas.

2-3- COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENGORDE A CORRAL

Es una descripción que se centra principalmente en los componentes que tienen importancia en el impacto al ambiente.

Los sistemas de producción animal, al igual que cualquier sistema, se pueden describir a través de sus entradas, procesos, salidas, ambiente en el que se desenvuelve y realimentación.



Elementos que componen el sistema de engorde intensivo a corral.

2-3-1- PROCESO: Aumento de peso y producción de carne

El proceso de engorde consiste básicamente en que una tropa de vacunos entra al corral de engorde, recibe diariamente una ración balanceada para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y de producción (máxima ganancia diaria de peso), hasta que logra un peso vivo determinado con el grado de engrasamiento que pide el mercado. En ese momento la tropa se encuentra lista para ser enviada a faena.

Se debe resaltar ciertos conceptos importantes para la comprensión de las distintas interacciones entre los tipos de alimento y la fisiología digestiva del rumiante, las cuales influyen en la cantidad de excretas producidas, y en el volumen de gases de fermentación producidos, desde el rumen y desde el estiércol.

- ✓ A mayor peso vivo del animal mayor consumo de alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento.
- ✓ Para obtener altas ganancias diarias de peso el alimento debe tener alta concentración de energía (alta digestibilidad).
- ✓ Dietas de forraje tienen menor cantidad de energía metabolizable que las dietas concentradas (alta proporción de granos).
- ✓ Digestión ruminal. En el rumen habita una microflora (bacterias) y microfauna (protozoos) que producen la fermentación y digestión de gran parte de los alimentos que ingresan (fermentación anaeróbica). Según la dieta varía la composición de este ecosistema ruminal para producir nutrientes absorbibles (proteína, glucosa, ácidos grasos volátiles).

2-3-2- ENTRADA AL SISTEMA: Componentes mínimos de la explotación.

La explotación abarca corrales para albergar a los vacunos con sus respectivos bebederos, comederos y sombras en algunos casos. Posee una aguada donde se almacena el agua de consumo, el complejo de manga, corrales y balanza para realizar tratamientos sanitarios y otras maniobras sobre hacienda. Presenta una planta de alimentos que contiene los silos de almacenaje de granos, tolva de recepción, celda para acopio de alimento molido, insumos embolsados, etc., maquinarias para conformar la ración completa (mezclador), molidoras, tractores, carros distribuidores y una planta o sistema de tratamiento de los efluentes.

2-3-2-1- *COMPONENTES QUE PUEDEN TENER EFECTOS EN EL AMBIENTE.*

- **Instalaciones – maquinarias.**
 - a) Ubicación.
 - b) Corrales.
 - c) El comedero.
 - d) El bebedero.

- e) Calles.
- f) Aguada.
- g) Eliminación del estiércol.
- h) Maquinarias.

▪ **Bovinos.**

El tamaño del animal influye en la cantidad total de alimento que consume, lo cual está en relación directa con la cantidad total de producción de excretas (materia fecal, orina).

▪ **Medicamentos.**

Dentro del grupo de drogas antiparasitarias se encuentra las avermectinas con efecto sobre parásitos internos del aparato digestivo, respiratorio y parásitos externos como sarna, garrapatas. Químicamente son derivados de una lactona macrocíclica. En general son compuestos lipofílicos y escasamente hidrosolubles. La droga madre y los metabolitos que se originan de la degradación del compuesto en el organismo animal, tiene como vía de eliminación principal la materia fecal, y accesoriamente la orina. De esta manera pasan a formar parte del estiércol y efluentes, con la posibilidad de llegar a los cursos de agua superficiales y tener efecto negativo sobre el ecosistema a nivel de organismos vivos.

▪ **Alimentos.**

Los distintos caminos por los cuales la nutrición puede afectar al ambiente, se pueden enmarcar en seis grandes grupos:

1. Cantidad y calidad de la dieta ingerida
2. Transferencia de nutrientes – degradación del suelo
3. Uso de energía fósil
4. Influencia del contenido de minerales del agua de bebida
5. Promotores de crecimiento anual

1. Cantidad y calidad de dieta ingerida.

A mayor volumen consumido por cada animal mayor volumen de estiércol producido. El volumen será menor a medida que aumenta la proporción de granos en la relación al forraje. A su vez, la composición de la dieta debería satisfacer los requerimientos de los nutrientes del vacuno en engorde sin que existan excesos de los mismos, ya que al no ser absorbidos por el animal serán eliminados al medio ambiente.

2. Transferencia de nutrientes – degradación del suelo.

El total del alimento consumido por los animales no se produce en la superficie donde está instalado el feedlot, sino que se importan, ya sea de terrenos aledaños o de lugares que están a varios o cientos de kilómetros. Así, los nutrientes que fueron extraídos de un determinado suelo a través del corte de plantas enteras o de la cosecha del grano, no vuelven a través del estiércol de los animales. Si se hiciera deforestación para estos cultivos, o una agricultura durante varios años, se agrega además la pérdida de estructura del suelo y de materia orgánica fresca al retirarse las plantas enteras, produciéndose una mayor susceptibilidad a la erosión.

3. Uso de energía fósil.

Se incrementa el uso de combustibles en relación a un sistema pastoril ya que se consumen en las balanzas para la siembra y cosecha de cultivos que darán origen a los alimentos de la ración. Se suelen utilizar fertilizantes químicos que además aportan nitratos y fosfatos al suelo, y pesticidas en los cultivos.

4. Influencia del contenido de minerales del agua de bebida.

El contenido salino del agua influencia la cantidad de sales en materia fecal, principalmente aquellas de sodio y potasio.

5. Promotores de crecimiento anual.

Los modos de acción de estas sustancias varían según el tipo. Los anabólicos hormonales tienen efectos a nivel de mejorar la retención de nitrógeno, con el consiguiente aumento de la masa muscular. Se aplican en el animal en forma de implante subcutáneo generalmente. Mejoran la conversión alimenticia. Los antibióticos ionóforos se usan mezclados en la ración para mejorar la conversión alimenticia al tener un efecto sobre la composición de la microflora y fauna del rumen, tendiente a que ocurra una mayor producción de ácido propiónico, precursor de glucosa.

2-3-3- SALIDAS DEL SISTEMA

Como productos que se obtienen del sistema de feedlot, se encuentra el producto objetivo que es el vacuno terminado para faena, y además elementos contaminantes del ambiente: gases de fermentación ruminal eliminados directamente por el eructo del bovino, estiércol y efluentes de desagüe de todo el predio.

2-3-3-1- GASES DE FERMENTACIÓN RUMINAL

El principal gas es el metano. Depende del volumen de alimento consumido y de la composición de la ración. El volumen que puede producir un bovino varía entre 120 m³ por año en una vaca productora de carne y 60 a 80 m³ por año en un novillo en engorde.

A mayor proporción de alimento de alta energía en la dieta (almidón), menor volumen consumido con menor cantidad de materia seca. Cambia el tipo de fermentación con la consiguiente menor producción de metano, diaria y total, ya que disminuye el tiempo que está el animal en período de engorde.

2-3-3-2- EXCRETAS

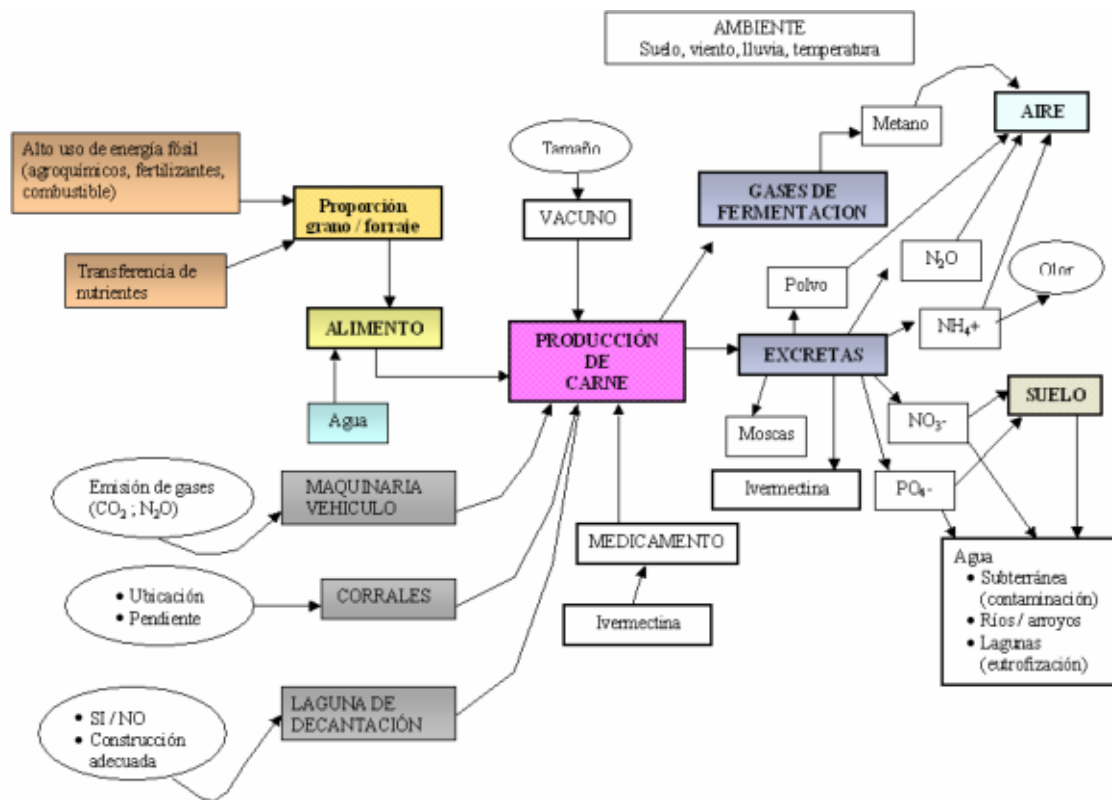
En el feedlot la materia fecal y la orina son un solo tipo de residuo que se denomina estiércol, ya que no se pueden separar. Un vacuno excreta por día alrededor del 5 al 6% de su peso vivo. En un novillo de 400 Kg de peso vivo sería alrededor de 20 a 25 kg diarios de estiércol. Dado su porcentaje de humedad del 80 – 85%, finalmente serían unos 3 Kg diarios de residuo sólido por animal, en promedio, que se eliminarían al corral. La composición en nutrientes, como porcentaje de sólidos totales secos, es aproximadamente en el estiércol recién excretado, de: nitrógeno 3 – 4%; fósforo 1 –

2%; potasio 1,5 – 3%; calcio 0,6%. Las deyecciones contienen nutrientes, ya que el bovino absorbe en proporción muy poco de lo que ingiere. El 70 a 80% del nitrógeno consumido se elimina con las excretas. En la materia fecal, como nitrógeno de proteína bacteriana y proteína directa del alimento. En orina, proviene de la urea.

Más del 90% del fósforo que ingresa con la dieta se elimina con la materia fecal en forma de fosfatos. Cualquier otro exceso de minerales en el alimento aparecerá en las excretas, dada la fisiología digestiva.

2-4- DESCRIPCION DE LOS POSIBLES IMPACTOS AL AMBIENTE.

El feedlot tiene efecto en el ambiente en forma puntual (deyecciones) y en forma general (gases con efecto invernadero, transferencia de nutrientes, deforestación).



Elementos del sistema que impactan en el ambiente.

2-4-1-AIRE

a) Calentamiento global.

Por la emisión de gas metano, tanto por la fermentación ruminal como por la producida por las excretas en un manejo en el cual se produzca fermentación anaeróbica. Emisión de dióxido de carbono por combustión de derivados del petróleo (combustible) de maquinarias utilizadas en los cultivos, en el funcionamiento diario del

feedlot. Producción de óxido nitroso desde el estiércol a partir de las reacciones con oxígeno.

b) Emisión de amoníaco.

El contenido de urea del estiércol es hidrolizado por las enzimas “ureasas” de microorganismos del suelo y del mismo estiércol, produciendo amoníaco que se volatiliza. Este gas, además, ocasiona un olor desagradable. Este amoníaco puede volver a precipitar en el suelo o en la superficie de cuerpos de agua (acidificación), incrementando su contenido de nitrógeno.

c) Polvo.

El estiércol seco en los corrales en épocas de escasas precipitaciones y viento, puede ocasionar contaminación de la baja atmósfera. Una de las formas de control es a través de la superficie destinada a cada animal. Al disminuir los metros cuadrados destinados a cada uno aumenta la superficie húmeda. Se considera que un 25% de superficie húmeda puede ser el óptimo para controlar la emisión de polvo.

d) Proliferación de moscas.

Si bien no es una contaminación, hay un cambio en el medio local por el incremento de las mismas al tener sustrato en abundancia en el estiércol fresco.

2-4-2- SUELO Y AGUA.

a) Nitrato y fosfatos.

Las excretas son ricas en estos componentes. Los nitratos pueden llegar por filtración o escorrentía a cuerpos de agua. El nitrógeno puede provenir también por precipitación del amoníaco emitido desde las deyecciones, y para ser usado por las plantas debe ser oxidado por bacterias nitrificadoras a ión nitrato. Los problemas que pueden acarrear son contaminación del recurso de agua por el aumento en sus concentraciones por encima de los límites guía permitidos y eutrofización de los ecosistemas acuáticos. El exceso de minerales en la ración, al no ser absorbido por el tracto digestivo, es eliminado con las excretas, trasladándose al suelo, con posibilidades de pasar a los cursos de agua.

b) Materia orgánica.

Si el estiércol llega a los cuerpos de agua que tienen poca renovación (poca aireación con entrada de oxígeno) sin tratamiento previo, aporta una considerable cantidad de materia orgánica con el consiguiente aumento de la eutrofización de dicho sistema (generalmente lagunas).

c) Avermectinas.

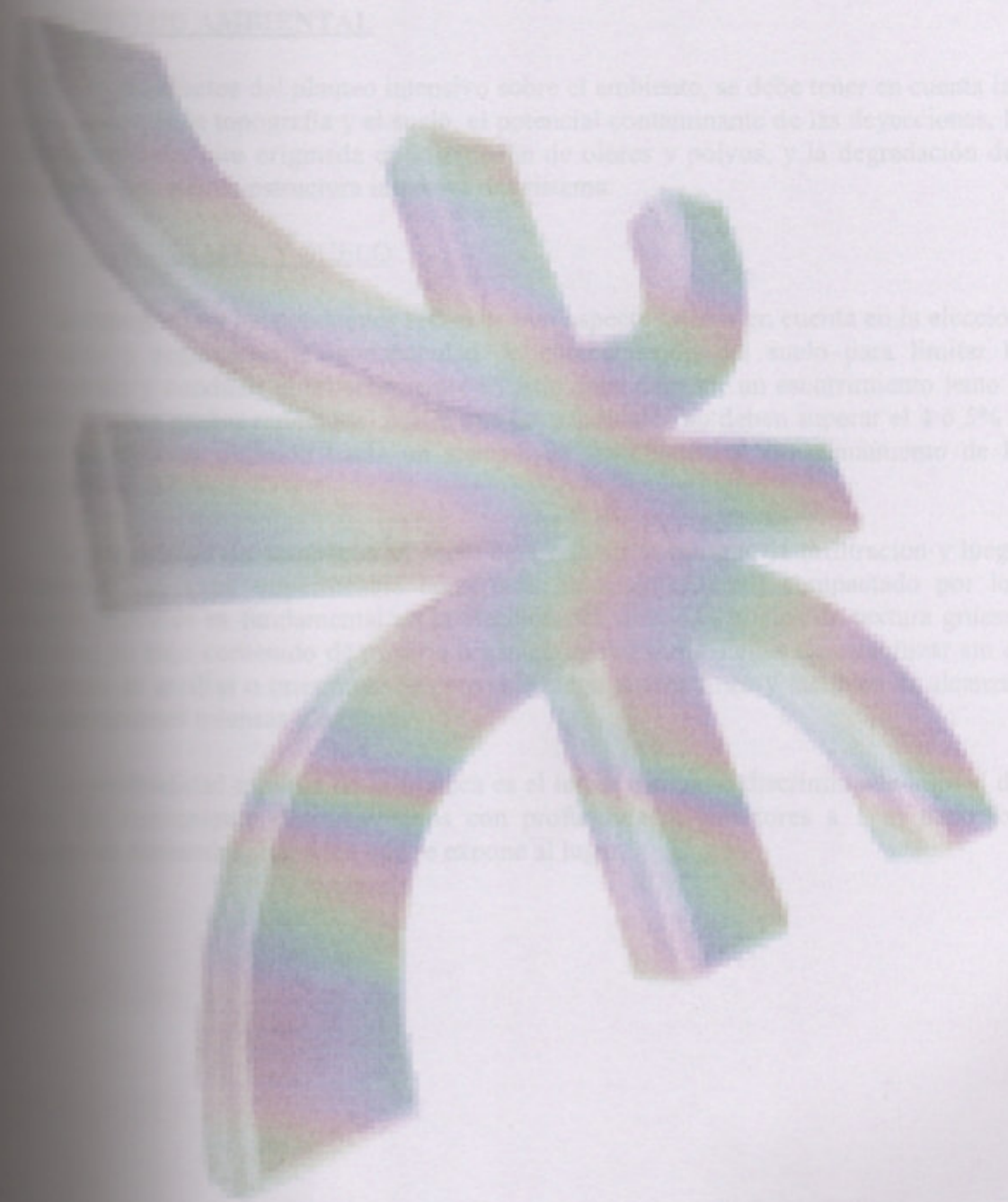
Importancia relativa con la vida acuática. De la dosis administrada parte se elimina con materia fecal, cumpliendo su función, por ejemplo inhibir el desarrollo de larvas de moscas parásitas del bovino. El estiércol de cientos de vacunos de un engorde a corral que hayan sido medicados con esta droga, que llegue a los cursos de agua, pueden causar toxicidad en la fauna ictícola.

... ELECCION DEL SITIO

... AMBIENTAL

... del estudio preliminar sobre el ambiente, se debe tener en cuenta las ... topografía y el suelo, el potencial contaminante de las actividades, la ... origen de ... de olores y ruidos, y la degradación del ... estructura ... sistema.

... cuenta en la elección ... para limitar la ... un ensuciamiento lento y ... el 2 a 5% y ... naturaleza de la ... y luego ... por los ... estructura gruesa, ... con el ...



CAPITULO 3



CAPITULO 3: ELECCIÓN DEL SITIO

3-1- APTITUD AMBIENTAL

Entre los efectos del planteo intensivo sobre el ambiente, se debe tener en cuenta las condiciones de la topografía y el suelo, el potencial contaminante de las deyecciones, la degradación del aire originada en la emisión de olores y polvos, y la degradación del paisaje por la misma estructura intensiva del sistema.

3-1-1- TOPOGRAFÍA Y SUELO

La topografía y las pendientes son el primer aspecto a tener en cuenta en la elección del sitio y seguidamente la capacidad de compactación del suelo para limitar la infiltración y conducir el escurrimiento. El sitio debe permitir un escurrimiento lento y sostenido (sin embaucamientos) por lo que las pendientes no deben superar el 4 ó 5% y tener un destino definido hacia un sistema de tratamiento y almacenamiento de la escorrentía.

La posibilidad de compactar el suelo para reducir al mínimo la infiltración y luego mantener una capa impermeable construida de suelo-estiércol compactado por los mimos animales es fundamental en la elección del sitio. Los suelos de textura gruesa, arenosa, de bajo contenido de materia orgánica inicial son difíciles de estabilizar sin el agregado de arcillas o cementos. Es conviene elegir suelos finos y factibles de alcanzar compactaciones intensas y estables.

La profundidad mínima de la freática es el tercer elemento discriminante a nivel de sitio. Es conveniente descartar sitios con profundidades inferiores a 1 m dado los riesgos de contaminación a los que se expone al lugar.

3-1-2- UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La ubicación geográfica a nivel de sitio importa en la proximidad a áreas sensibles, ya sean recursos hídricos, centros poblados, recreativos, culturales o de alto tránsito.

En primer lugar la proximidad a cuencas hídricas subterráneas o superficiales debe superar los 5 Km., teniéndose en cuenta conjuntamente con las restricciones de magnitud de las pendientes.

En segundo lugar, la ubicación con respecto a los vientos es otra condicionante. La producción de olores desagradables en el feedlot puede reducirse pero es imposible de eliminar. La ubicación depende del sentido de los vientos predominantes y su frecuencia, se recomienda que se mantenga una distancia de al menos 5 km desde poblaciones urbanas y 1 km desde cascos de campos. El sentido debe permitir que los vientos mas frecuentes alejen los olores de los centros poblados. Se recomienda que se implanten cortinas forestales en la periferia del feedlot, particularmente del lado de las poblaciones para desacelerar el movimiento de vientos en esa dirección.

El orden, la higiene de los sitios de acumulación de alimentos, residuos o excrementos, la eliminación de lagunas no planificadas y de animales muertos reduce la producción de olores indeseables. Las precipitaciones pueden crear condiciones anaeróbicas y con ello promover fermentaciones de estiércol o residuos en 2 a 3 días aumenta la emisión de gases productos de las fermentaciones generando olores desagradables de 50 a 100 veces mayor intensidad que las emisiones diarias en suelos secos. En presencia de mucho polvo es conveniente regar las áreas de alto tránsito antes de ser utilizadas y durante su uso si la producción de polvo continúa. La incorporación de césped en sectores de bajo tránsito reduce la producción de polvo.

El sitio se debe encontrarse a distancias mayores de 3000 m de rutas u otras vías de tránsito frecuente.

3-2- APTITUD PARA DISTRIBUIR LAS INSTALACIONES

3-2-1- DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES

En la medida en que se incrementa el tamaño del feedlot en cantidad de animales, aumentan las externalidades y los riesgos de degradación ambiental con efluentes. Se hace necesario diseñar adecuadamente la distribución y proporciones de las instalaciones para facilitar la distribución cómoda de los animales en corrales de alimentación, el movimiento de los animales y de los camiones o mixers de alimentación, y prever un sistema de manejo de efluentes y estiércol.

El sitio debe permitir la ubicación del sistema de tratamiento y contención o almacenamiento de efluentes. Se debe contar con espacios para la construcción de los canales colectores y las lagunas de decantación, evaporación y de almacenamiento de efluentes y de sectores para el apilado del estiércol.

Es necesario contar con un área adicional para utilizar, a manera de riego sistemático, los efluentes recolectados. El área para riego debe contar con un tamaño mínimo de acuerdo con la escala del feedlot y las condiciones ambientales y edáficas. Es necesario conocer la capacidad de acogida o capacidad de asimilación de efluentes que posee el suelo (capturar y ceder sin desbordar o perder).

En la medida en que se encuentran limitaciones en el suelo debe ampliarse el área sobre la cual se asperjará el excedente y las estrategias de alimentación para reducir la emisión de nutrientes y elementos contaminantes.

3-2-2- DISPONIBILIDAD DE AGUA

Es necesaria la existencia de agua de calidad adecuada para evitar sorpresas indeseables posteriormente.

3-3- **MARCO LEGAL**

Este aspecto incluye el conocimiento de las legislaciones locales, provinciales, nacionales e internacionales sobre el manejo de los efluentes ganaderos, el medio ambiente y la salud.

Se tiene que evaluar la posibilidad de analizar, dictaminar y elaborar las reglamentaciones jurídicas necesarias para implementar un sistema de tratamiento de efluentes ganaderos.

Dentro de las leyes, decretos y/o ordenanzas de carácter local y provincial se encuentran las disposiciones relacionadas con: efluentes ganaderos; el medio ambiente; las estructuras gubernamentales; los aspectos técnicos; los sectores que tratan sobre temas tales como recursos hídricos, paisajismo, etc.

En nuestro caso se debe considerar la Ley de Medio Ambiente Provincial N° 11717, la Resolución Provincial N° 023 y la Ordenanza de la Ciudad de Venado Tuerto N° 3181-04.

→ **Ley Provincial N° 11717 “Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable”:**

Establece dentro de la política de desarrollo integral de la Provincia de Santa Fe, los principios rectores para preservar, conservar, mejorar y recuperar el medio ambiente, los recursos naturales y la calidad de vida de la población.

→ **Resolución Provincial N° 023:**

El expediente N° 02101-0010462-5 del registro del Sistema de Información de Expedientes; y

CONSIDERANDO:

Que los establecimientos dedicados al engorde intensivo de ganado bovino a corral, también conocidos como feedlot, se caracterizan por la alta concentración de animales en un espacio reducido, debiendo efectuarse una adecuada gestión ambiental, a fin de impedir que los mismos ocasionen impactos ambientales negativos de consideración, especialmente cuando se encuentren instalados en las proximidades de centros urbanos o núcleos sensibles;

Que la política ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente es la de alertar, prevenir y corregir situaciones que afecten al medioambiente y a la calidad de vida de la población, permitiendo lograr un desarrollo sustentable de los emprendimientos productivos;

Que con motivo de los numerosos conflictos suscitados en la población, a raíz del impacto provocado por las actividades de engorde intensivo de ganado bovino a corral, resulta necesario reglamentar su instalación y funcionamiento;

Que las autoridades municipales y comunales de distintas localidades de la Provincia, han solicitado en reiteradas oportunidades la intervención de la Secretaría de Medio Ambiente, para resolver situaciones conflictivas ocasionadas por el impacto ambiental que generan estas actividades;

Que distintas asociaciones y entidades vinculadas a la actividad, han manifestado la necesidad de contar con un marco normativo específico;

Que en la Provincia de Santa Fe no existe ninguna norma legal que regule la instalación y funcionamiento desde el punto de vista ambiental, de los establecimientos de engorde intensivo de ganado bovino a corral;

Que en virtud de todas estas demandas y con un fin preventivo y precautorio, se hace necesario sancionar una norma que permita evitar y/o minimizar la degradación ambiental por contaminación de suelos, agua y aire, provocada por estas actividades;

Que según se tiene conocimiento, a través de funcionarios del Servicio Nacional de Sanidad Animal, más del ochenta por ciento de los establecimientos instalados en la Provincia, están construidos para una cantidad inferior a doscientos animales;

Que resulta necesario elaborar un registro a los fines de conocer cantidad, características y localización de los establecimientos mencionados;

Que en el Decreto N° 0101/03, Anexo II, reglamentario de la Ley N° 11.717, se encuentran nomenclados los establecimientos de engorde intensivo de ganado bovino a corral;

Que la competencia en la materia surge de las Leyes N° 11.717 y N° 12.817, Decreto N° 0025/07 y Resolución N° 0083/08 del Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente;

POR ELLO:

El SECRETARIO DE MEDIO AMBIENTE RESUELVE:

ARTICULO 1°.- Quedan comprendidos en la presente resolución todos los establecimientos dedicados al engorde intensivo de ganado bovino a corral.

ARTICULO 2°.- Créase en el ámbito de la Secretaría de Medio Ambiente, el Registro Provincial de establecimientos de engorde intensivo de ganado bovino a corral, donde deberán inscribirse todos los establecimientos comprendidos en la presente resolución, presentando el Anexo A de la misma.

ARTICULO 3°.- Los nuevos establecimientos, con una capacidad superior a doscientos (200) animales, previamente a su instalación, deberán presentar un Estudio de Impacto Ambiental, conforme a lo establecido en el Decreto N° 0101/03, debiendo ser acompañado por el Certificado de Uso del Suelo, extendido por la municipalidad o comuna que corresponda.

ARTICULO 4°.- Los establecimientos existentes y en funcionamiento, con una capacidad superior a doscientos (200) animales, deberán presentar un Informe Ambiental de Cumplimiento, conforme a lo establecido en el Decreto N° 0101/03, debiendo ser acompañado por el Certificado de Uso del Suelo, extendido por la

municipalidad o comuna que corresponda, estableciéndose un plazo de presentación de 90 días a partir de la fecha de entrada en vigencia de la presente resolución.

ARTICULO 5º.- Los establecimientos con una capacidad de hasta doscientos (200) animales, deberán presentar el Anexo A de la presente resolución en carácter de declaración jurada, adjuntando el Certificado del Uso del Suelo, extendido por la municipalidad o comuna que corresponda.

Deberán cumplir además, con lo establecido en el Artículo 6º de la presente resolución.

ARTICULO 6º.- Todos los establecimientos comprendidos en la presente resolución, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

a-1) No podrán establecerse en zonas urbanas o suburbanas;

a-2) No podrán establecerse en humedales o zonas susceptibles de degradación;

a-3) No podrán establecerse en zonas inundables o anegables;

b) Deberán instalarse en zona rural, respetando las siguientes distancias mínimas:

b-1) Para establecimientos de menos de mil (1.000) animales:

Más de 3.000 metros de áreas urbanas y suburbanas y más de 1.000 metros de asentamientos rurales;

b-2) Para establecimientos de mil (1.000) a cinco (5.000) animales:

Más de 5.000 metros de áreas urbanas y suburbanas y más de 1.000 metros de asentamientos rurales;

b-3) Para establecimientos de más de cinco (5.000) animales:

Más de 5.000 metros de áreas urbanas y suburbanas y a sotavento de los vientos predominantes y más de 1.000 metros de asentamientos rurales preexistentes;

b-4) Cualquiera sea el número de animales, deberán estar situados a más de 1.000 metros de establecimientos educacionales o de salud, u otros sitios de concentración de personas preexistentes que pudieran verse afectados y a más de 2.000 metros de cursos o espejos de agua, de acuerdo a los criterios establecidos en la Resolución N° 1089/82 de la ex DIPOS;

c) Sin perjuicio de contar con el cerco perimetral fijo y permanente obligatorio, deberán contar además con una cortina forestal perimetral con especies de hojas perennes, en doble hilera alternada;

d) El piso de los corrales deberá poseer una permeabilidad tal que asegure la no contaminación de las capas freáticas y una pendiente entre el 1 y el 4%;

e) En la zona de comederos y bebederos, el piso deberá ser de cemento u otro material consolidado, en un ancho de 2 metros alrededor de los bebederos y no menor a 3 metros de ancho al frente de los comederos;

f) En caso de generarse efluentes líquidos, los mismos deberán ser tratados a los fines de cumplir con la Resolución N° 1089/82 de la ex DIPOS, o la normativa que la reemplace en el futuro;

g) Las aguas de escurrimiento de origen pluvial son encuadradas como efluentes líquidos y deberán cumplir con la normativa explicitada en el inciso f);

h) Los silos de almacenamiento de alimentos deberán cumplir con la normativa vigente: Resolución N° 0177/03 de la ex Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable;

i) Se deberá contar con un sistema documentado de la gestión del estiércol;

- j) Deberán cumplir con la Resolución N° 0201/04 de la ex Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, con relación a la calidad de aire;
- k) Se deberá mantener en forma permanente una zona dentro del cerco perimetral del establecimiento, que permita realizar el enterramiento sanitario de los animales muertos, o en su defecto ajustarse a la normativa vigente que regule la materia en la jurisdicción donde se instale el establecimiento. Se prohíbe la quema de animales muertos a cielo abierto.

ARTICULO 7°.- Para poder instalarse, los responsables del establecimiento, deberán contemplar previamente que su consumo de agua no afectará a terceros instalados con anterioridad.

Los establecimientos con una capacidad superior a doscientos (200) animales deberán contar con un sistema de monitoreo de aguas sub-superficiales (freático), especificando tipo y cantidad de pozos y muestreo semestral de los mismos, debiendo archivar la documentación a los fines de ser presentada ante las Auditorías de la Secretaría de Medio Ambiente.

ARTICULO 8°.- Los establecimientos existentes que no cumplan con los requerimientos de distancias mínimas establecidas en el artículo 6°, no podrán ampliar sus instalaciones ni cantidad de animales y deberán cumplir con todo lo establecido en la presente resolución.

ARTICULO 9°.- La Secretaría de Medio Ambiente podrá considerar casos especiales de radicación y erradicación de los establecimientos regulados en la presente resolución, en coordinación con el resto de los organismos competentes.

Asimismo, podrá requerir estudios especiales de acuerdo a las características del sitio elegido.

ARTICULO 10°.- La resolución emanada de la Secretaría de Medio Ambiente, que rechace o apruebe el Informe Ambiental de Cumplimiento o el Estudio de Impacto Ambiental, de establecimientos de la actividad, será notificada a las autoridades nacionales o provinciales de sanidad animal y a las autoridades municipales o comunales correspondientes.

ARTICULO 11°.- Toda ampliación o modificación de las instalaciones o capacidad de las mismas, deberá ser presentada ante la Secretaría de Medio Ambiente con la debida antelación, para la evaluación y aprobación o rechazo del proyecto.

ARTICULO 12°.- Incorpórase el Anexo A como parte integrante de la presente resolución.

ARTICULO 13°.- Regístrese, comuníquese, publíquese y archívese.

ANEXO A

Sistemas concentrados de alimentación animal

DECLARACION JURADA

1. DATOS DE IDENTIFICACION:

- Nombre o razón social:
- Domicilio legal:
- Localidad:
- Teléfono:
- Facsímil:
- Correo electrónico:
- Fecha de inicio de la actividad:

2. UBICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO:

- Domicilio real, localidad:
- Ubicación catastral:
- Distancia a áreas urbanas y/o suburbanas (metros):
- Distancia a asentamientos rurales (metros):
- Distancia a otro establecimiento de sistema concentrado de alimentación animal (metros):
- Distancia a cursos o espejos de agua (metros):
- Distancia a establecimientos educacionales, de salud u otros sitios de concentración de personas (metros):

3. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA ACTIVIDAD:

- Capacidad máxima de animales del establecimiento:
- Cantidad de animales con que cuenta el establecimiento:
- Superficie total del establecimiento (metros cuadrados):
- Superficie en metros cuadrados por unidad animal:

4. TOPOGRAFÍA:

- Descripción del sitio y de pendientes (%):

5. SUELO:

- Tipo de suelo:
- Permeabilidad:
- Tratamiento del suelo:

6. AGUAS:

- Fuente de abastecimiento de agua:
- Profundidad de capa freática (metros):
- Distancia a punto de bombeo de agua para abastecimiento de consumo humano (metros):

7. VIENTOS:

- Dirección de los vientos predominantes:

8. EFLUENTES LIQUIDOS

- Descripción de la gestión

9. RESIDUOS

- Descripción de la gestión

- Estiércol: (cantidad, recolección y destino final)

CAPITULO 4: VULNERABILIDAD AMBIENTAL DEL SITIO

4-1- GENERALIDADES

Por la naturaleza intensiva y espacialmente concentrada del engorde a corral, la factibilidad ambiental de un feedlot debe concentrarse en el estudio de los posibles efectos de contaminación. El área de mayor riesgo ambiental lo constituye la contaminación localizada de suelos y aguas, tanto subterráneas como superficiales, emergente de la acumulación de deyecciones y movimiento de efluentes y la contaminación del aire y degradación del paisaje.

Todo el manejo de excretas y efluentes se planifica para maximizar la captura y procesamiento de los mismos en superficie y minimizar la infiltración con nutrientes contaminantes.

Cuadro1. *Vulnerabilidad del sitio a al contaminación o degradación ambiental*

	Riesgo		
	bajo	medio	alto
Profundidad de la napa *	> 2m	1 a 2m	< 1m
Ubicación topográfica *	área alta	área con pendiente	depresión
Proximidad a recursos hídricos *	> 2km	1 a 2km	< 1km
Pendientes *	> 1% o < 4%	4 al 6%	< 0,25% o > 6%
Probabilidad de anegamientos	< a 1 c/50 años	1 c/ 20 a 50 años	> 1 c/20 años
Tipo de suelos	Arcillosos, limosos, profundos	Francos o arenosos, francos profundos c/perfil petroc.	Arenosos sin perfil. Con perfil petrocálcico profundos
Precipitación anual	< 600mm	600 a 1200mm	> 1200mm
Temperaturas	templadas	tropicales	extremas altas
Proximidad a áreas urbanas o culturales	> 8 km	5 a 8 km	< 5 km
Proximidad a rutas	> 3 km	1 a 3 km	< 1 km
Dirección de los vientos predominantes	Opuesto a la dirección de poblaciones urbanas	Cambiantes	En la dirección de Poblaciones

* Señalan estatus de condiciones irreversibles y limitantes, excluyentes de las variables sobre la viabilidad del proyecto. Solo estos cuatro parámetros son señalados como excluyentes si alguno de ellos implica un riesgo de contaminación o degradación ambiental ALTO.

4-2- PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREÁTICA

La contaminación de aguas subterráneas y superficiales es el riesgo de mayor relevancia ambiental en la instalación de sistemas intensivos. La profundidad mínima tolerable desde la superficie al estrato freático debe ser 1 m. Este requisito podría ser revisado en planteos donde un horizonte sub-superficial duro y continuo (tosca, roca, etc.) impongan una barrera a la infiltración en profundidad. Por otro lado, podría ser insuficiente si la textura de suelo es muy gruesa (arenosa) y la capacidad de retención hídrica es limitada.

En la zona el nivel de la napa freática se encuentra entre 1 y 3 metros de profundidad con lo cual estaríamos dentro de un riesgo bajo o medio de contaminación en cuanto a esta condición.

4-3- UBICACIÓN TOPOGRÁFICA

Es conveniente ubicar el área del feedlot en lugares altos con buen drenaje, definido en una dirección, teniendo en cuenta el sitio de colección y almacenamiento de efluentes líquidos. Es importante que las pendientes impidan el anegamiento de corrales, pero por otro lado, no se generen escorrentías erosivas. Asimismo, el sitio de contención del escurrimiento no debe ser un bajo sin salida, sino un sector donde el almacenamiento tiene posibilidad de desborde en una dirección que no comprometa a sectores sensibles o recursos hídricos.



4-4- PROXIMIDAD A CUENCAS HÍDRICAS O RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

El escurrimiento superficial o subsuperficial puede contaminar cuencas hídricas. Aunque la calidad del suelo, el tamaño del feedlot, la cantidad e intensidad de las precipitaciones y las pendientes son variables a tener en cuenta en la dimensión del riesgo de contaminación de cuenca. Distancias de 1 Km. son sugeridas como mínima tolerables. Para incrementar el margen de seguridad, en regiones con pendientes pronunciadas y suelos de escasa retención hídrica es conveniente superar los 2 Km. de distancia para feedlots de hasta 5000 animales de capacidad y los 5 Km. para los de mayor capacidad.

4-5- PENDIENTES

Las pendientes son necesarias para conducir el escurrimiento superficial y evitar el anegamiento o encharcamiento e infiltración en el área del feedlot. Sin embargo, cuando superan el 5% la escorrentía luego de una lluvia se hace difícil de manejar y requiere de una estructura de canales colectores y drenajes. Asimismo, la erosión en piso de corrales es alta y poco controlable. En el otro extremo, los sitios sin pendiente o con pendientes menores al 2% son muy susceptibles al anegamiento y a la infiltración excesiva.

Es un suelo profundo, con aptitud agrícola, que se encuentra en un paisaje de lomas arenosas estabilizadas de la Subregión Pampa Ondulada alta, moderadamente bien drenado, desarrollado sobre un sedimento franco a franco limoso grueso, no alcalino, no salino, con pendientes de 0 a 2 %.

4-6- **PROBABILIDAD DE ANEGAMIENTOS**

Debido a los riesgos de infiltración y contaminación a los que expone el anegamiento, se recomienda ubicar el feedlot en sitios con baja probabilidad de anegamiento natural, por combinación de buen drenaje natural y muy baja probabilidad de precipitaciones intensas.

Drenaje y permeabilidad: Moderadamente bien drenado, escurrimiento lento, permeabilidad moderada, signos de hidromorfismo en profundidad; con oscilaciones de la napa freática (1-3 m.).

4-7- **TIPO DE SUELOS**

El tipo de suelo debe permitir una alta compactación superficial, ofrecer alta estabilidad al tránsito animal y baja porosidad. Los suelos arcillosos son preferibles a los arenosos. El perfil petrocálcico (tosca) reduce la infiltración en el sitio pero el escurrimiento de lixiviados por sobre la masa de tosca no garantiza la reducción de la infiltración en profundidad debido al agrietado frecuente e interrupción de los estratos petrocálcidos.

Clasificación Taxonómica: Argiudol Oxyácuico, Limosa, fina, mixta, térmica.
Hapludol Típico, Limosa fina, mixta, térmica.

Descripción del perfil típico:

Ap1	0-15 cm; gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco arcillo limosa; bloques subangulares medios moderados; friable; no plástico; no adhesivo; límite inferior abrupto, suave.
Ap2	15-32 cm; gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco arcilloso; bloques subangulares medios gruesos moderados; no plástico; no adhesivo; límite inferior claro, suave.
AB	32-40 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; bloques subangulares medios moderados; barnices “clay skins” escasos y finos; límite inferior claro, suave.
Bt1	40-90 cm; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcilloso; prismas medios moderados que rompen a bloques subangulares medios moderados; barnices “clay skins” abundantes de color pardo oscuro (10YR 3/3); moteados escasos, finos y débiles, límite inferior gradual, suave.
Bt2	90 a + 125 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4,5/4) en húmedo; franco arcilloso; prismas compuestos medios moderados que rompen a bloques finos; barnices “clay skins” abundantes de color pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2); moteados comunes finos y débiles; límite inferior gradual, suave.
Bt3	125 a + 152 cm; pardo oscuro (75YR 5/4) en húmedo; franco arcilloso;

	prismas simples, medios moderados que rompen a bloques finos; barnices "clay skins" abundantes; moteados comunes finos y débiles; límite inferior gradual, suave.
BCt	152-180 cm; pardo (7,5YR 4,5/4) en húmedo; franco; prismas simples medios débiles que rompen a bloques subangulares finos y débiles; moteados comunes medios y débiles; límite inferior claro, suave.
C	180-225 cm; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco; bloques subangulares medios débiles a masivo; moteados comunes medios y débiles.

Variabilidad de las características: Algunos perfiles pueden presentar texturas franco limosas pesadas en superficie, franco arcillo limoso el Bt y franco limosas gruesas en el C. La presencia de hidromorfismo puede variar según el tipo de hoyo donde se encuentra el suelo.

Datos Analíticos:

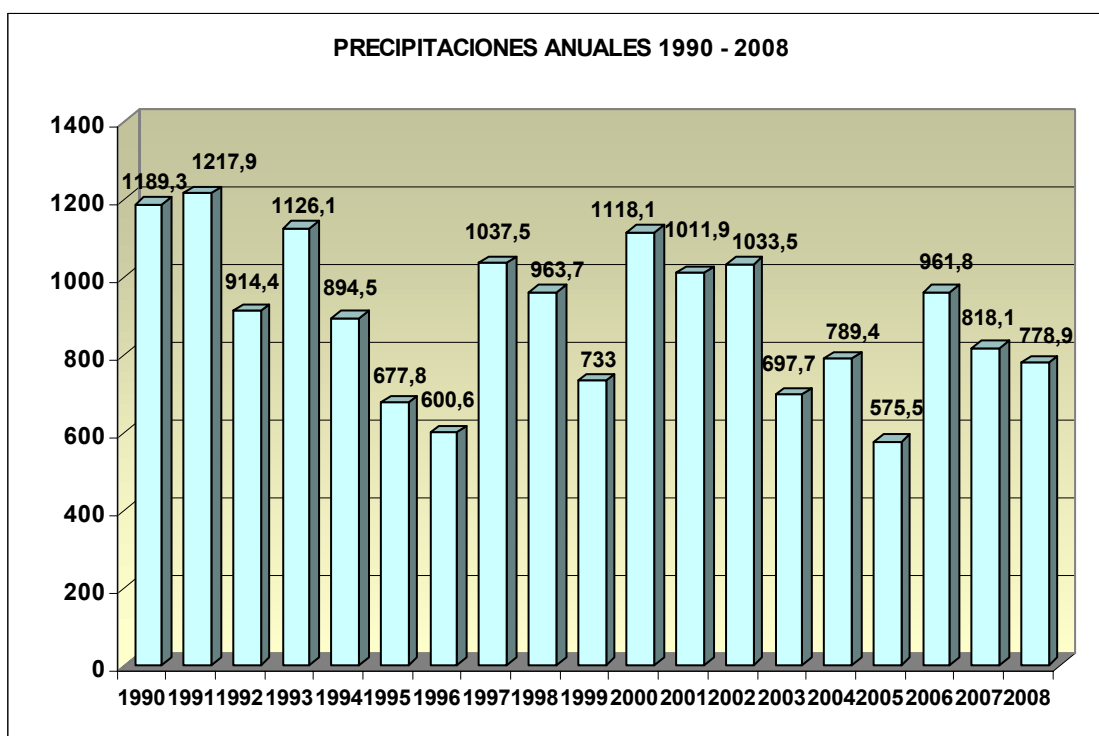
Horizontes	Ap1	Ap2	AB	Bt1	Bt2	Bt3	BCt	C
Profundidad (cm)	0-15	15-32	32-40	40-90	90-125	125-152	152-180	180-255
Mat. orgánica (%)	3,62	3,24	1,41	0,81	0,56	0,50	NA	NA
Carbono total (%)	2,10	1,88	0,82	0,47	0,33	0,29	NA	NA
Nitrógeno (%)	0,200	0,178	0,105	0,056	0,043	NA	NA	NA
Relación C/N	11	11	8	8	7	NA	NA	NA
Arcilla < 2 μ (%)	27,0	29,6	29,2	32,7	35,0	30,5	21,0	12,2
Limo 2-20 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Limo 2-50 μ (%)	52,9	50,6	50,7	47,2	43,1	39,3	36,4	39,7
AMF 50-75 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
AMF 75-100 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
AMF 50-100 μ (%)	18,9	18,6	19,0	19,0	20,7	27,7	39,3	43,5
AF 100-250 μ (%)	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	2,5	3,3	4,6
AM 250-500 μ (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AG 500-1000 μ (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AMG 1-2 mm (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Calcáreo (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Eq.humedad (%)	26,5	28,6	26,9	27,1	28,4	27,4	19,8	13,4
Re. pasta Ohms	-	-	-	-	-	-	-	-
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-	-	-	-	-
pH en pasta	6,0	5,9	6,0	6,0	6,2	6,3	6,5	7,3
pH H₂O 1:2,5	6,2	6,3	6,7	7,0	7,2	7,2	7,3	7,7
pH KCL 1:2,5								
Cationes de Cambio								
Ca++ m.eq./100gr	13,2	13,5	12,0	10,6	12,4	15,4	9,8	7,4

Mg⁺⁺ m.eq./100gr	1,7	2,3	2,4	3,7	4,4	3,0	3,5	4,4
Na⁺ m.eq./100gr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
K m.eq./100gr	2,6	2,0	1,7	1,3	2,1	2,2	2,5	2,5
H m.eq./100gr	7,8	7,3	3,7	5,2	5,3	5,0	3,4	1,9
Na (% de T)	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma bases	17,6	17,9	16,2	15,7	19,0	20,8	16,1	14,6
CIC m.eq./100gr	21,5	21,2	18,9	17,6	20,8	21,4	16,9	11,8
Sat. con bases (%)	82	84	85	89	91	97	96	100

4-8- PRECIPITACIÓN ANUAL

Se prefieren regiones de baja precipitación anual y lluvias de baja intensidad. La estructura de manejo de efluentes resulta más simple que en regiones con precipitaciones mayores, pudiendo plantearse sistemas aeróbicos solamente. En regiones húmedas, el manejo de efluentes se torna complejo, en su recolección y almacenamiento, y en el tratamiento del piso de los corrales.

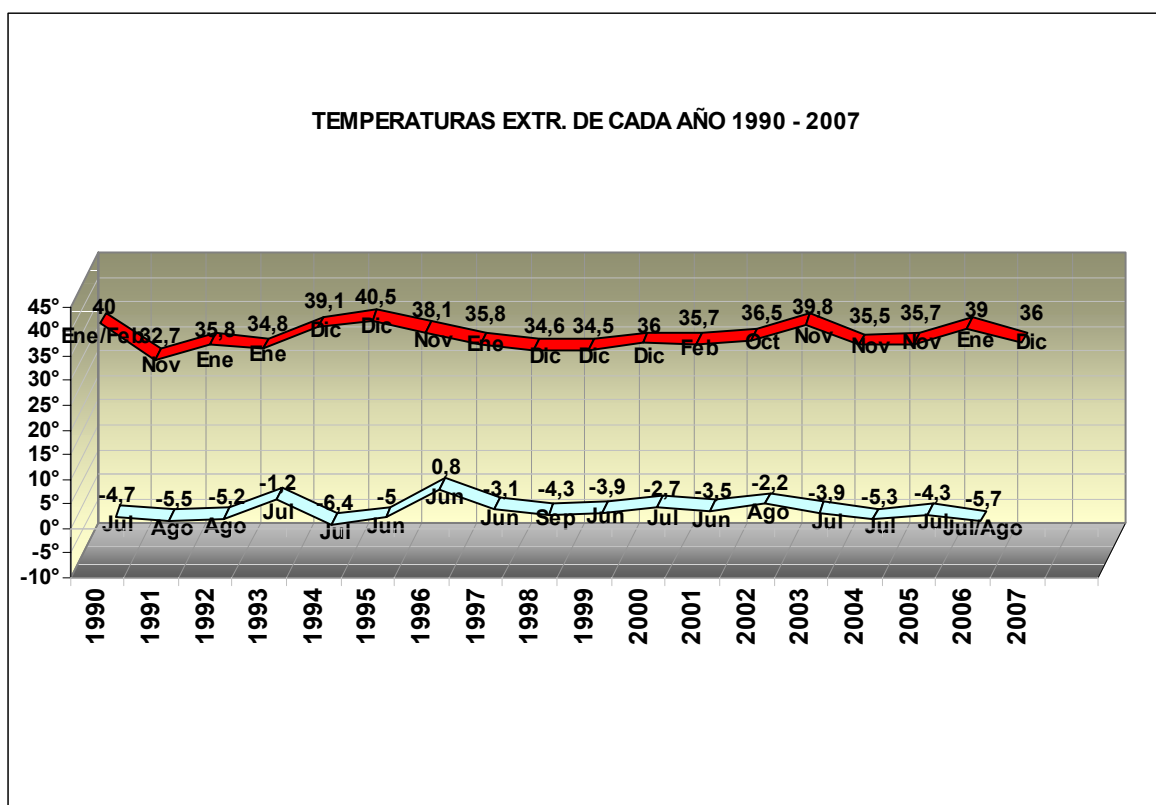
Otro dato climático importante que se debe considerar es la humedad relativa ambiente, la cual alcanza un promedio anual entre 70% y 78%, según los valores suministrados.



4-9- TEMPERATURAS

Los climas de templados o templados – fríos son preferibles para procesos de engorde intensivo. Los riesgos de incremento de emisiones aumentan con las temperaturas.

La zona está ubicada dentro del clima Templado Pampeano, que se caracteriza por presentar temperaturas medias durante las distintas estaciones y amplitud térmica baja.



4-10- PROXIMIDAD A ÁREAS SENSIBLES

La distancia a las áreas urbanas depende de la sensibilidad social y ambiental. Se sugieren distancias superiores a los 8 Km. para evitar conflictos con centros urbanos, áreas recreativas o rutas de alto tránsito por posibles emisiones con potencial contaminante. El riesgo es considerado alto y de ubicación no recomendable cuando las distancias son inferiores a 5 Km. Distancias entre 8 y 5 Km. pueden considerarse aceptables cuando se incluyan estrategias de minimización de emisiones en áreas de bajo riego y no se arriesguen recursos hídricos superficiales o subsuperficiales.

El feedlot se ubica a más de 20 Km. de la Localidad de Teodelina, sobre la ruta provincial R10S.

4-11- DISTANCIAS A RUTAS O CAMINOS DE ALTO TRANSITO

La distancia a vías de alto tránsito está asociada a la seguridad pública y al concepto del paisaje. En primer lugar, la presencia de sistemas intensivos, con movimientos de animales y camiones próximos a una ruta incrementan los riesgos de accidentes por imprevistos o distracciones. En segundo lugar, la vista de instalaciones de alimentación en confinamiento no se integra a paisajes deseables para caminos o rutas de alto tránsito. La implantación de cortinas forestales se sugiere para reducir la vista de planteos intensivos muy expuestos sobre rutas, pero la mejor opción es la instalación del feedlot a una distancia prudencial de las rutas asfaltadas.

La ruta provincial R10S sobre la cual se encuentra el feedlot es de tierra y no circulan grandes cantidades de autos.

4-12- DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

La ubicación con respecto a los vientos predominantes debe ser tal que la probabilidad para que los olores alcancen a centros poblados sea baja o infrecuente. La orientación con respecto a los vientos predominantes es fundamental dada la alta sensibilidad de la sociedad de los olores indeseables.

Cabe destacar que no se observan vientos de importancia, si tomamos como base de comparación otras zonas del país.

Cuadro 2. Información insumo para verificar la aptitud del sitio

Información climática

Registros estacionales y anuales de precipitaciones promedio
Magnitud de la mayor lluvia en 50 años
Magnitud de las precipitaciones del percentil 20% superior
Dirección y frecuencia de los vientos predominantes
Evaporación media anual y estacional
Temperaturas mensuales medias, mínimas y máximas del aire

Información edáfica

Profundidad de la freática
Mapa de freáticas en años de precipitación extrema
Textura del suelo
Probabilidad de anegamiento del sitio
Presencia y profundidad hasta el perfil petrocálcico o rocoso
Relevamiento topográfico y magnitud de las pendientes

Información geográfica

Imágenes satelitales del sitio en momentos climáticamente contrastantes en la estación de mayores precipitaciones
Distancia a recursos hídricos superficiales
Distancia a una cuenca hídrica de abastecimiento de centros poblados
Distancia a centros poblados urbanos y rurales
Distancia a reservas o monumentos naturales y culturales
Proximidad a rutas de alto tránsito

Información del proceso productivo

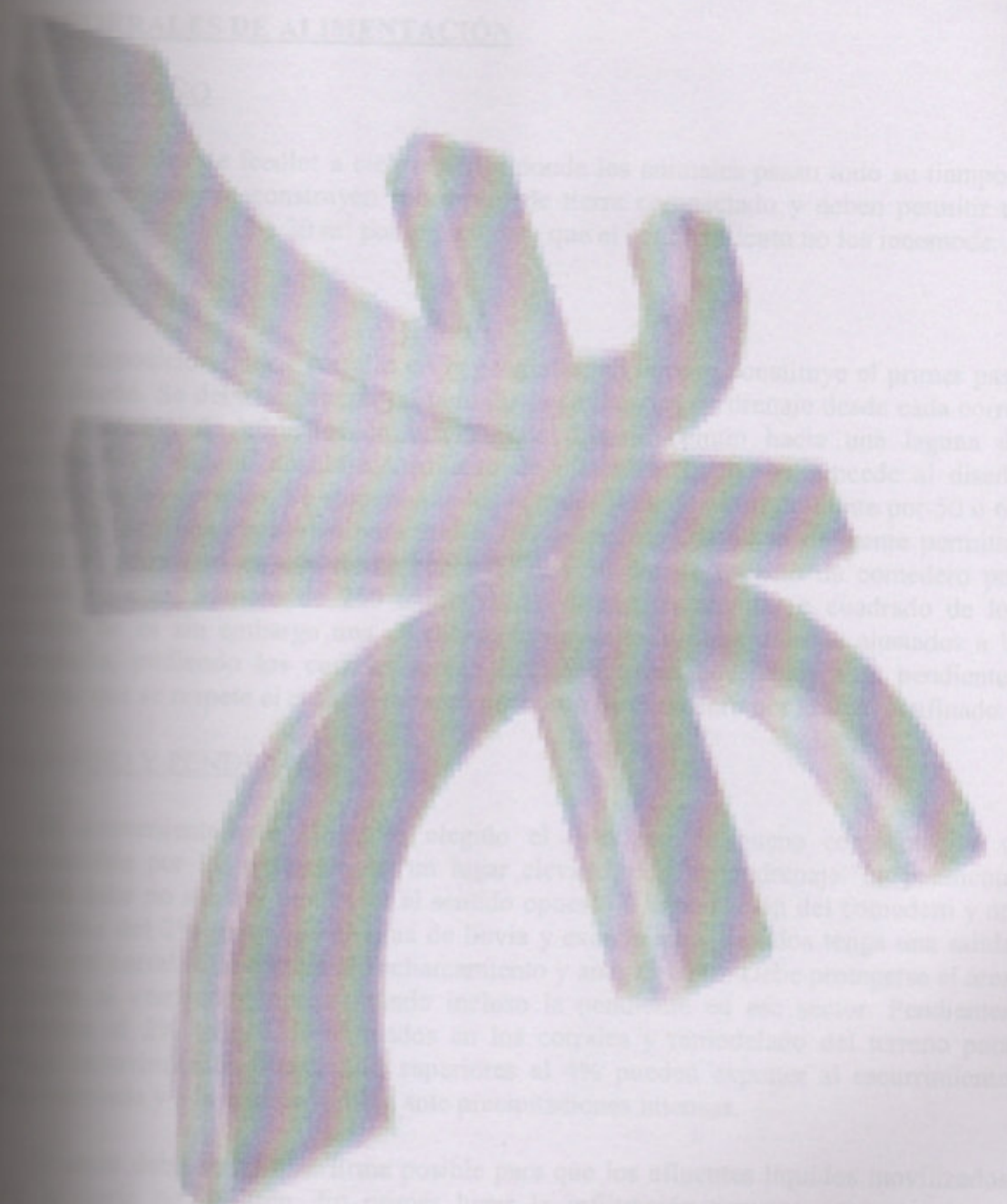
Factibilidad del proyecto de localizarse en el sitio elegido
Distancias a las fuentes de insumos de producción (alimentos y animales)
Distancias a los frigoríficos o mercados de venta en pie
Sistemas de producción comunes en la región

Legislación

Reglamentaciones sobre contaminación y degradación ambiental de ámbito provincial y municipal

CAPITULO 5 PAUTAS PARA EL DISEÑO DE CORRALES

CORRALES DE ALIMENTACIÓN



... a cada cerdo los animales pasan solo su tiempo y construyen el corral de forma adecuada y deben permitir un ...

... el primer paso ... desde cada corral ... hasta una legua de ... al diseño ... por 30 a 60 ... permitiendo ... por ... de los ... a la ...

... el ... en lugar de ... del producto y no ... una sola ... al ...

... para que los animales líquidos movilizadas ... en primer lugar la infiltración provoca ... y ... el movimiento de los ... con un medio ...

CAPITULO 5

... el magnesio y el potasio, y se el riesgo de contaminar las aguas ... de deterioro ... de los cerdos

CAPITULO 5: PAUTAS PARA EL DISEÑO DE CORRALES

5-1- CORRALES DE ALIMENTACIÓN

5-1-1- TAMAÑO

Los corrales de feedlot a cielo abierto, donde los animales pasan todo su tiempo y son alimentados, se construyen sobre piso de tierra compactado y deben permitir un espacio mínimo de 15 a 20 m² por animal para que el confinamiento no los incomode.

5-1-2- DISPOSICIÓN

La disposición de los corrales en la geografía del terreno constituye el primer paso en el diseño. Se debe considerar primero las posibilidades de drenaje desde cada corral y la colección de efluentes en una vía de drenaje común hacia una laguna de decantación y laguna de almacenamiento de efluentes. Luego se procede al diseño espacial de los corrales. Se sugiere que los corrales sean de 60 m de frente por 50 o 60 de fondo, con una capacidad para 200 a 250 animales. Los 60 m de frente permiten ubicar el comedero en ese frente contando con 30 cm de espacio de comedero por animal para un número de 200 animales. El diseño rectangular o cuadrado de los corrales no es sin embargo una condición excluyente de otros diseños ajustados a la topografía, pudiendo los corrales tomar formas diversas adecuados a la pendientes siempre que se respete el espacio mínimo necesario de comedero por animal confinado.

5-1-3- PISO Y PENDIENTES

Es conveniente que el sector elegido el piso sea de buena compactación o compactable por los animales, en un lugar elevado, con buen drenaje. La pendiente general debe no superar el 4 % en el sentido opuesto a la ubicación del comedero y no ser menos del 2% para que el agua de lluvia y excrementos líquidos tenga una salida rápida del corral. Ello evitará el encharcamiento y anegamiento. Debe protegerse el área próxima al comedero incrementando incluso la pendiente en ese sector. Pendientes inferiores al 2% exigen de alomados en los corrales y remodelado del terreno para dirigir escurrimientos. Pendientes superiores al 4% pueden exponer al escurrimiento descontrolado y a la erosión hídrica ante precipitaciones intensas.

El suelo debe ser el más firme posible para que los efluentes líquidos movilizados por la lluvia no infiltren. En primer lugar la infiltración provoca anegamientos y compromete el espacio disponible para el animal, dificulta el movimiento de los animales y expone a afecciones de patas y prepucio por estar en contacto con ese medio húmedo y sucio permanentemente. El anegamiento afecta al consumo y a la eficiencia de conversión. Los animales comen menos y convierten ineficientemente debido a la dificultad y gasto energético para moverse en un medio anegado. En segundo lugar, la infiltración transporta nutrientes excretados en las heces y orina, como el nitrógeno, el fósforo, el azufre, el magnesio y el potasio, y se el riesgo de contaminar las aguas subterráneas. La contaminación de napas por esta vía es el principal motivo de deterioro ambiental provocado por las instalaciones de alimentación de bovinos a corral.

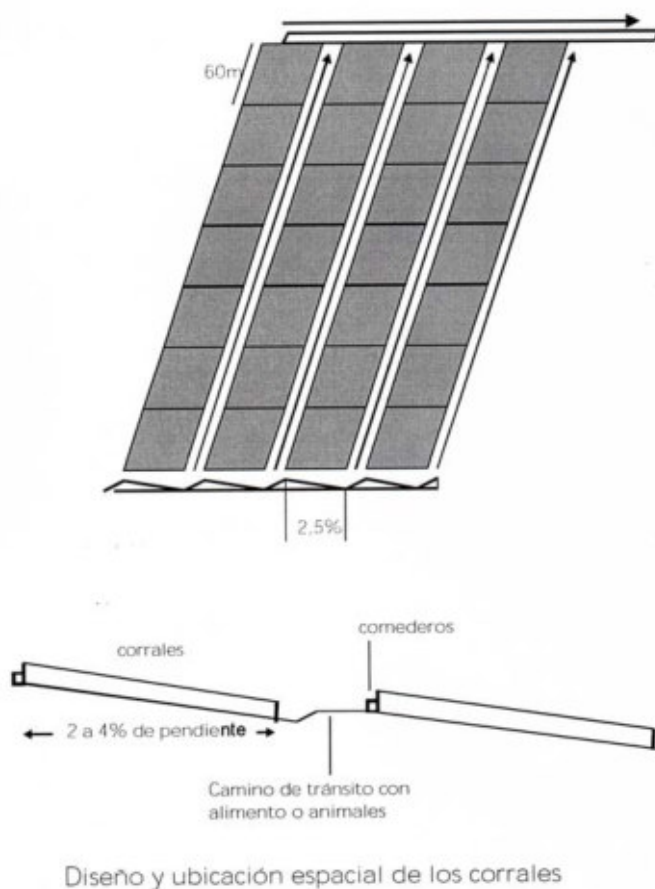
El piso del corral se construye de tierra bien compactada para reducir la permeabilidad al mínimo. Utilizado equipos de alta compactación como rolos pata de cabra de alto peso específico. Un emparejado y nivelado previo puede ser necesario para evitar sectores quebrados o pozos que reduzcan el área del corral como que expongan a amontonamientos y golpes entre animales. Es fundamental que el suelo sea compactable, de baja permeabilidad y estable a los cambios de humedad. Tampoco es conveniente, las superficies demasiado duras como los pisos de cemento o muy endurecidos con piedra o tosca por sus efectos sobre el animal. Las superficies muy pedregosas resultan frecuentemente en patas lastimadas, heridas infectadas, problemas de articulaciones de las patas y limitaciones al movimiento.

5-1-4- COMEDEROS

El espacio de frente de comedero destinado por animal es el primer condicionante del consumo y de la producción. El espacio de comedero por animal depende del tamaño de los animales, la naturaleza de la dieta (húmeda o seca), las condiciones de accesibilidad al comedero y factores climáticos, sin embargo, se considera que 30 cm de frente de comedero son suficientes, para un número de 200 a 250 animales, no limitantes de la productividad. Ese frente mínimo permite que entre el 65 al 75% de los animales tengan acceso simultáneo a los comederos.

Por motivos de higiene, protección del piso y de funcionalidad en la distribución es importante que los comederos estén sobre uno de los lados del corral y no dentro del mismo. Es necesario que los carros de alimentación, mixers o camiones de distribución alimenten de la forma más limpia posible, permanezcan siempre limpios y no sean expuestos a la contaminación con efluentes o excrementos, para evitar el traslado o transmisión de enfermedades, contaminaciones, o comprometer la palatabilidad del alimento. Los comederos deben coincidir con el sector más alto del corral o al menos en un área donde no se corre riesgos de acumulación de agua y formación de barro.

El comedero debe permitir un acceso fácil del animal a la comida y la recolección de la misma sin

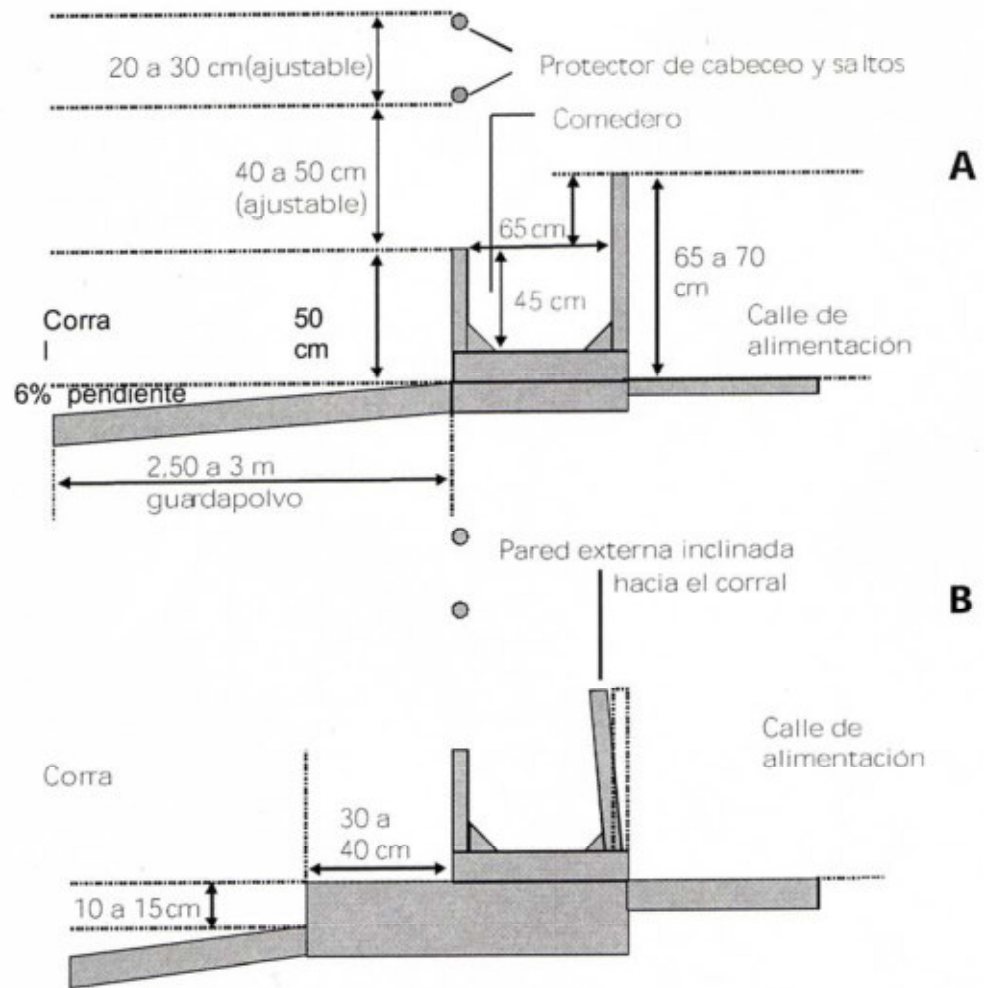


esfuerzo por parte del animal. Para ello es conveniente que el interior del comedero sea lo más liso posible, de caras internas redondeadas, sin ángulos que dificultan al animal la recolección del alimento o la limpieza rápida. En su exterior que sea de caras o lados rectos. Ello facilita la limpieza rápida hasta el suelo, evitando la acumulación de alimento y excrementos debajo del comedero o adherido a sus lados por dificultad de acceso.

Es conveniente compactar muy bien o proveer un piso de cemento o entoscado de al menos 3 m de ancho a la manera de guardapolvo en todo el largo del frente de comedero. Ese sector es un área de alta presión y mucho movimiento de los animales acercándose y alejándose del comedero. Esta vereda de cemento debe permanecer limpia por lo que se sugiere una pendiente del 10% y un espesor de 10 a 15 cm, si se fabrica de cemento. En adición, sería conveniente construir un escalón de 10 a 15 cm de alto y 30 a 40 cm de ancho, a lo largo de todo el comedero, del lado del corral. Esta estructura desalienta a los animales a pararse paralelos al comedero por tiempos largos evitando el exceso de otros al comedero, como también a retroceder y apoyarse, rascarse, golpear o defecar sobre los comederos.

La calle debe limpiarse con facilidad por lo que es conveniente que la cara exterior del comedero sea plana y vertical en 90° con respecto al suelo, caras apertura hacia fuera o redondas dejan áreas difíciles de limpiar contra el área de contacto del comedero con el suelo. El alimento que se acumula se descompone rápidamente y, además de ser un foco de putrefacción y desarrollo de enfermedades, genera olores indeseables que pueden alejar a los animales del comedero y afectar el consumo voluntario.

Los comederos deben llevar por encima una protección de hierro, madera o alambre que opere de cerco, eliminando la posibilidad de que los animales se metan en los comederos, que desperdicien el alimento y que salten por encima. Se hacen de una sola línea de caño o dos de hierro dispuestas por sobre el comedero, del lado del corral o por sobre el centro del comedero a 40 o 50 cm de altura desde el borde interno del comedero. En el caso de doble línea de hierro puede instalarse en forma oblicua, quedando la línea inferior a 35 cm. Esto permite un mejor acceso del animal al alimento y previene el desaprovechamiento del alimento por cabeceo, pero exige de una mayor estructura. Es posible también la confección con alambre, reforzando la línea más baja con doble hilo de acero. Toda la estructura debe sostenerse de la pared del lado del corral y dejar la exterior (del lado de la calle) sin obstrucciones y limpia para repartir homogéneamente el alimento.



Corte transversal para el diseño de comederos con pared externa vertical (A) ó pared externa inclinada hacia adentro y con vereda desnivel (B).





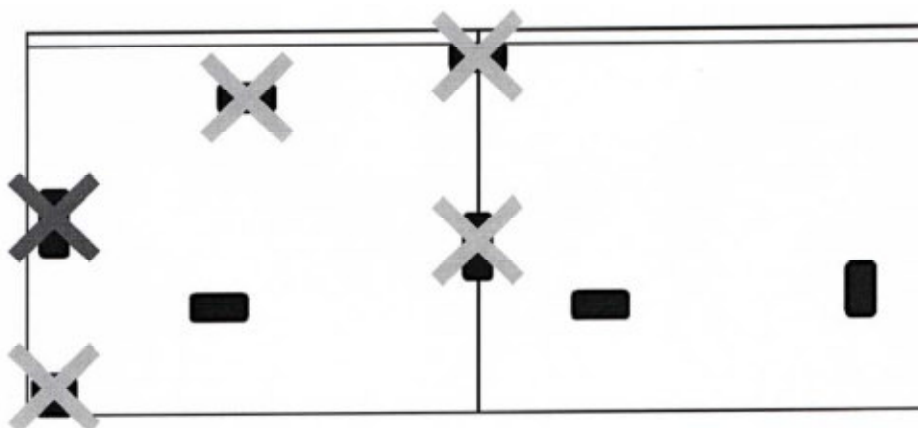
5-1-5- BEBEDEROS

Se instalan dos bebederos separados dentro de cada corral (con capacidad para 200 a 250 animales). No es conveniente utilizar bebederos muy profundos o de gran volumen. Los animales beben mejor de bebederos poco profundos con alto caudal que renueva rápidamente el agua disponible. Los bebederos poco profundos son más fáciles de limpiar y sufren menos roturas.

La provisión de agua debe tener capacidad para ofrecer con seguridad al menos 70 litros por animal y por día en verano y la mitad de ese volumen en invierno, para animales grandes (vacas o novillos en terminación). La reserva de agua y el caudal deben preverse para ofrecer el agua demandada diariamente en un período no superior a 8 horas. Hay que tener de reserva para 1 o 2 días de consumo y una a dos bombas independientes de extracción de agua. Los pozos deben tener un buen caudal de agua para una rápida extracción en el caso que sea necesario.

Los bebederos deben tener un drenaje de limpieza entubado subterráneo de alto caudal y conectado o desembocado en el sistema de drenaje de los corrales. Ello evita tirar agua en el mismo corral en el momento de lavado del bebedero, particularmente si se limpian con animales en mismo corral. Es conveniente en la entrada de cada corral poner una llave de paso para evitar pérdidas de agua, por roturas de la válvula o de algún caño dentro del corral. El caño de alimentación tiene que ser lo suficientemente grande (3 pulgadas) para que haya buena reposición y permita que el agua siempre este fresca y limpia. El caño madre que viene del tanque debe tener por lo menos 4 pulgadas, para no tener problemas de provisión de agua en los bebederos , en los días de verano muy calurosos.

El bebedero debe localizarse en la mitad del corral más alejada del comedero, al menos 10 metros del mismo y no debe ser compartido entre corrales para evitar presiones sobre los lados del corral. Es conveniente se provea de un guardapolvo de cemento o suelo compactado, preparado para soportar la acción de las patas de los animales y la alta presión animal, cubriendo un área de hasta 2 m desde el bebedero.

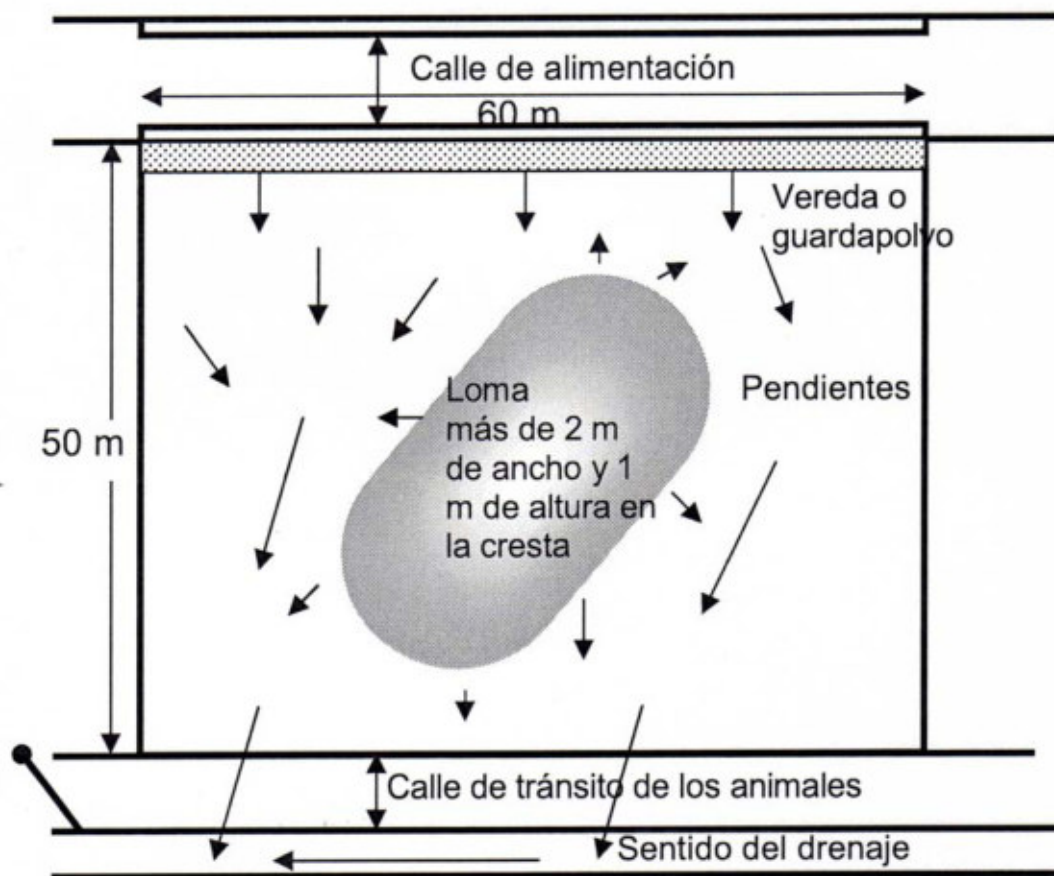


Ubicación de los bebederos en el corral.

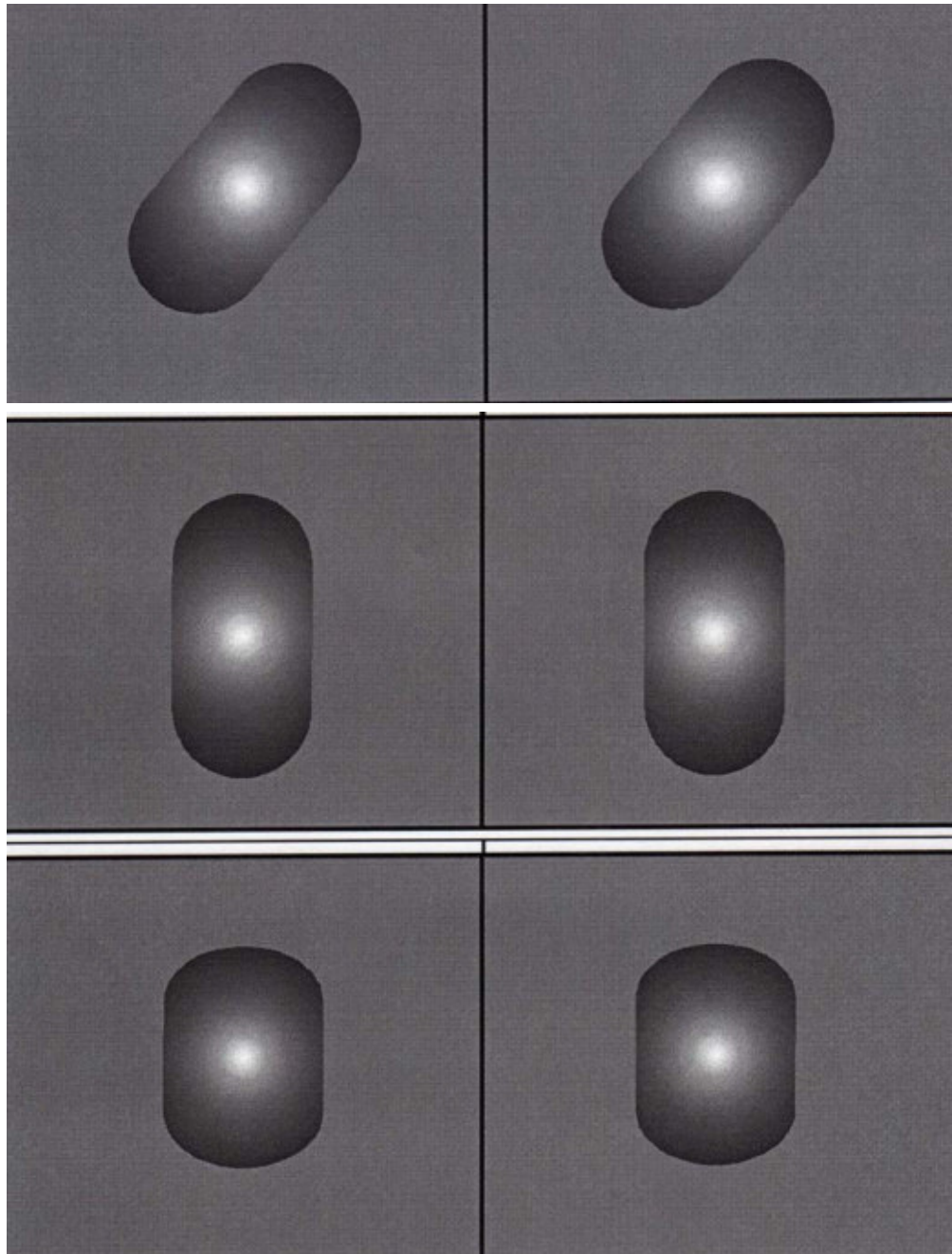
5-1-6- LOMAS EN LOS CORRALES

Cuando las pendientes son entre el 2 y 6%, no se requieren lomas interiores para proveer a los animales de superficies secas y limpias. En corrales con muy poca pendiente (0 a 2 %) se debe recurrir a las lomas para mantener áreas drenadas. Estas lomas funcionan además de sistema rompevientos dada la rugosidad que imponen a todo el área de corrales del feedlot. Las lomas permanentes deben construirse con suelo susceptible de ser compactado y resistente a la tracción.

Las lomas deben tener un ancho de al menos 2 m, y una altura de 1 m en el área de la cresta. Sus lados no deben ocupar todo el corral, sino construirse con una pendiente de 1 en 5. Debe además tenerse en cuenta la exposición de las mismas con respecto al flujo de efluentes del corral para evitar generar obstáculos al drenaje del corral, evitar generar sectores críticos (como construcciones muy próximas a los lados del corral) que reduzcan el área útil del corral o sean de riesgo para los animales. Debe además contemplarse la exposición para servir de reparo de los vientos predominantes.



Ubicación y características de la loma en el corral en función del flujo de efluente.



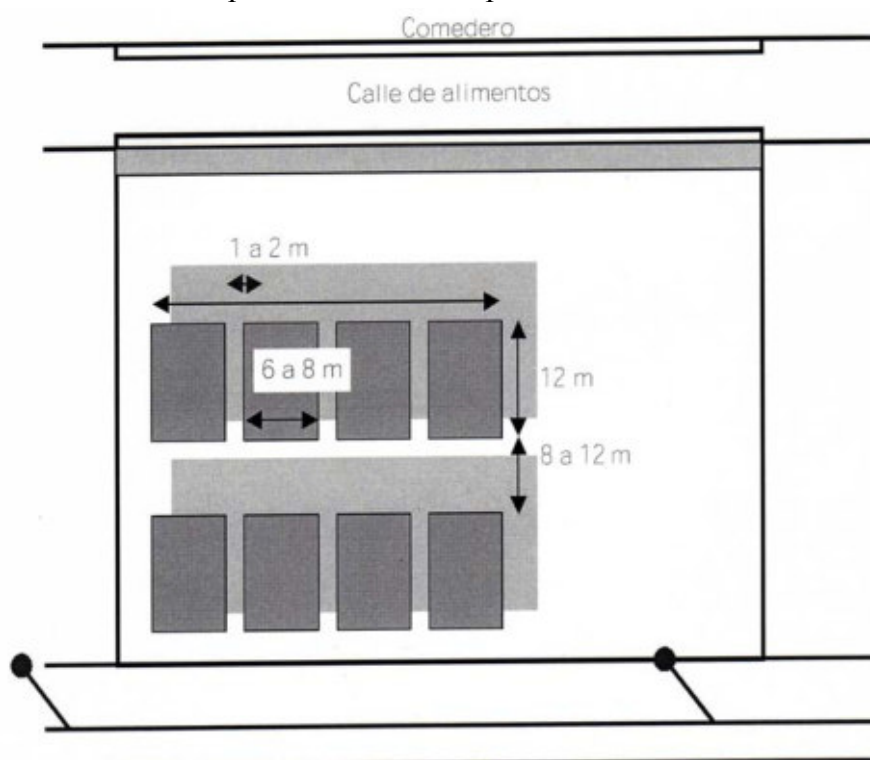
Ubicaciones posibles de las lomas en los corrales dependiendo de las pendientes, exposiciones al sol y del movimiento del agua de escurrimiento superficial.

5-1-7- SOMBRA

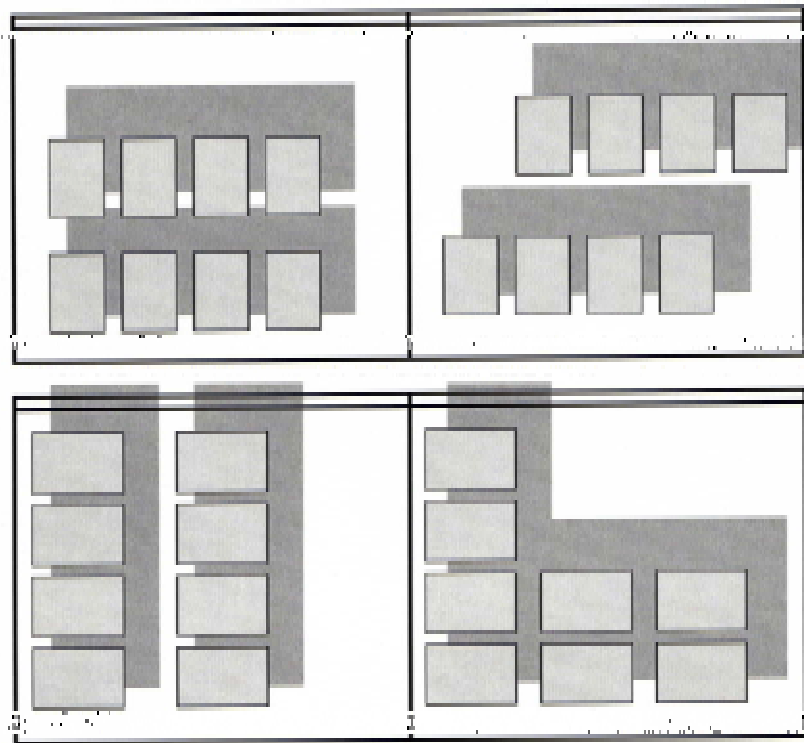
La sombra provee enfriamiento y alivio térmico en regiones donde las temperaturas exceden frecuentemente los 35°C y la humedad ambiental es elevada. Las temperaturas altas resultan generalmente en menor consumo de alimento.

El grado de saturación y movimiento del aire son factores centrales en la eficiencia refrigerante de la sombra. El diseño de la sombra debe permitir una remoción rápida y permanente del aire. Debe tenerse en cuenta que la presencia de sombra es un factor de concentración de animales, heces y humedad. La disposición de la sombra debe permitir una alta eficiencia en el uso de la misma, el alejamiento de los comederos en lo posible y también un secado del suelo. Áreas con sombra permanente son más húmedas y concentradoras de heces. El área de sombra a lograr debe ser de 1,5 a 4 m² por animal, aunque ello depende de numerosos factores, principalmente del tipo y rigurosidad del calor y de la categoría animal.

Para evitar restringir el movimiento del aire y alcanzar proyecciones de sombra significativas, las estructuras de sombra deben tener al menos 4 m de altura y anchos de no mayores a los 12 m, con corredores de aire (áreas sin sombra) de al menos 15 m entre franjas. Los materiales de matriz tramada en plástico negro tipo “media sombra”, comunes en el mercado, son suficientes. Es conveniente que la sombra se pueda recoger o retirar en los meses fríos para no limitar la exposición al sol.



Tamaños y ubicación de sombras artificiales



Ubicación de sombras



5-1-8- PROTECCIONES

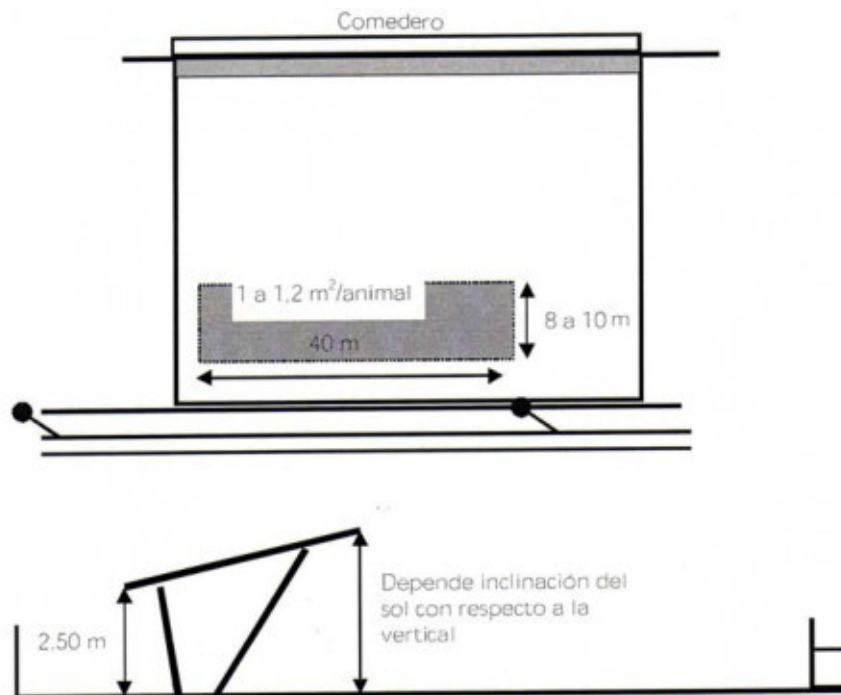
Forestaciones en cercos próximos a los corrales proveen también de barreras al viento reduciendo la incidencia del viento en climas fríos y lluviosos o muy ventosos o incluso como oferentes de sombra.

Las forestaciones se plantean como barrera cuando incorporan más de una línea de árboles. La separación entre estos depende mucho del tipo de árbol, pero desde el punto de vista práctico no deben tener menos de 3 m entre árboles por las limitantes de la maquinaria para limpiar el área (malezas, ramas, etc.). Cortinas muy densas pueden provocar una disminución excesiva del flujo de aire y ser motivo de incremento de temperatura, humedad, plagas y olores. El grosor de la cortina no debe exceder 3 veces la altura de la misma. En la medida que la cortina crece en densidad y grosor la pared al viento es mayor, el movimiento de aire a través de la misma es menor y, aunque el ascenso de aire en la cara expuesta al viento es máximo, el descenso de la masa luego de pasada la cresta de árboles es muy rápido reduciéndose el tamaño del área protegida. El ancho de una cortina o cinturón de árboles no debe superar las 7 filas en un ancho de 45 m. La protección que se alcanza cubre aproximadamente entre 10 a 20 m desde la cara interna de la cortina.

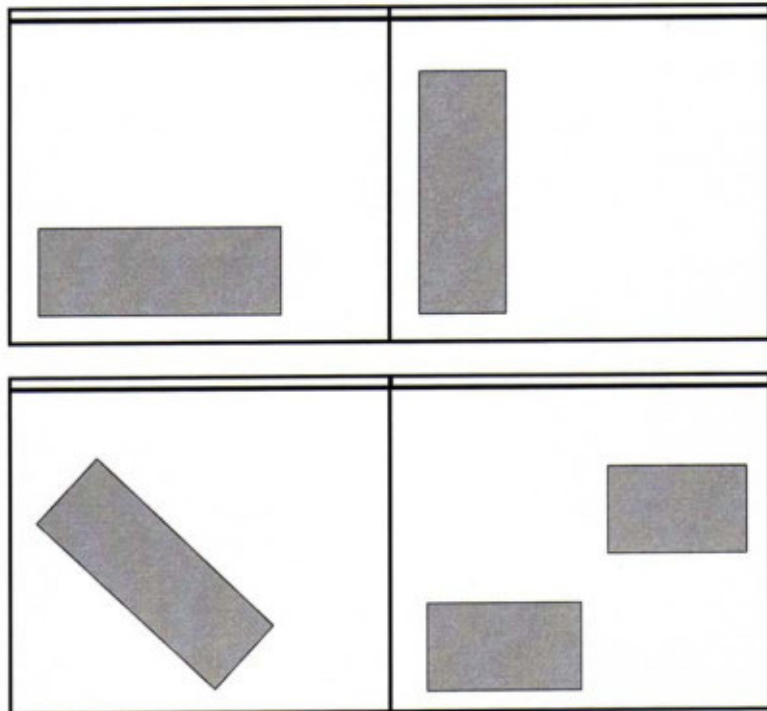
Los bosques o plantaciones pueden proponerse para incrementar la evaporación de aguas y reducción del nivel de freática a través de la evapotranspiración de la masa arbórea en áreas con drenaje pobre o comprometido con freáticas altas. Las plantaciones en cortinas o en bosques permiten mejorar la imagen de toda el área por su efecto enriquecedor del paisaje.

5-1-9- REFUGIO

La protección cubierta o refugio no es frecuente en nuestro país. En algunas regiones con mucha rigurosidad climática podrían ser consideradas. El refugio protege de inclemencias extremas como tormentas severas, vientos muy fuertes o temperaturas muy altas y recurrentes. El refugio debe permitir entre 1 a 1,2 m² por animal. La altura debe ser de al menos 2,50 m en la parte posterior, por lo que la anterior es mayor y dependiente de la latitud y practicidad de la instalación. La pared posterior debe tener ventanas de ventilación o aberturas permanentes para permitir la circulación del aire.



Ubicación y corte transversal del diseño de refugios.



Ubicación del refugio.

5-1-10- MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DE LOS CORRALES

Los corrales pueden ser construidos con una gran variedad de materiales. Se utiliza comúnmente el alambrado común para bovinos basado en alambre de acero, postes y varillas de madera o hierro, pero pueden utilizarse caños, maderas o cables de acero. Debe evitarse la utilización de materiales agresivos al animal como el alambre de púas, hierros o maderas con aristas agudas o puntas que puedan provocar heridas. Las estructuras de cable de acero son las que más resisten la presión permanente de los animales y requieren de escaso mantenimiento. Los cercos ciegos con barricadas de materiales diversos o empalizadas son poco frecuentes por su costo y por impedir el movimiento del aire y la ubicación de los animales de movimientos externos.

Los cercos entre corrales y la periferia pueden ser de 4 a 6 líneas de hierro, cable o tubo. Cuando se realizan de alambrado convencional, 6 líneas son comunes. La altura del cerco depende del tipo de animal, sería conveniente que sean de 1,40 a 1,50 m de alto para posibilitar el encierre de todo tipo de ganado bovino.

5-1-11- CALLES DE ALIMENTACIÓN

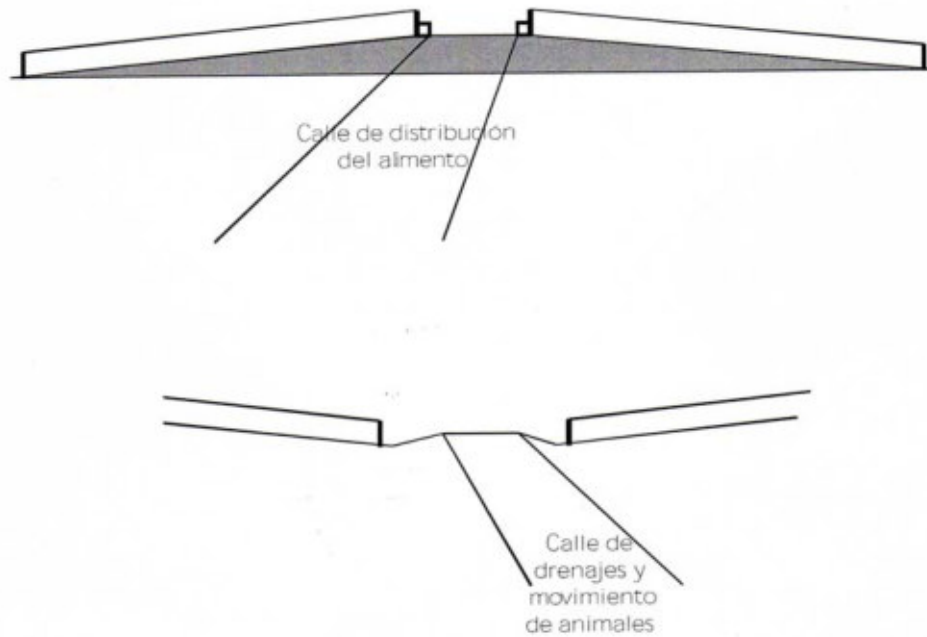
La ubicación de las calles de alimentación depende de la distribución de los corrales. Por estas calles transita el alimento, son las denominadas “limpias” y deben corresponderse con los sectores más altos del predio, con drenaje en un sentido y abovedadas para que no acumulen agua y barro. La calle de alimentación debe permitir el tránsito cómodo de dos transportes de alimento en sentido opuesto para ir y poder regresar por la misma sin verse obligado a transitar por calles sucias. El ancho frecuente es de al menos de 5 a 6 m. Debe tener un piso firme entoscado para poder depositar correctamente el alimento en los comederos.

5-1-12- CALLES DE LOS ANIMALES

Las calles por las que transitan los animales (o calles sucias) hacia los corrales de alimentación o viceversa son calles que se ubican sobre el lado opuesto a los comederos. Son más sucias, están expuestas al tránsito de los animales y sus excrementos. Están en áreas mas bajas y en ellas también coincide la estructura de recolección de los efluentes líquidos de los corrales. En ellas (a sus lados) deben planearse los canales colectores del drenaje de los corrales en tránsito hacia una laguna de decantación. Deben también ser abovedadas para que permanezcan secas y sequen rápido luego de una lluvia. En estas calles es muy importante el diseño de la pendiente general para evitar que se encharquen y aneguen.

Debido a los movimientos frecuentes de los animales en un feedlot y a la alta concentración por unidad de superficie, si los traslados no se logran con tranquilidad y de forma fluida, el nerviosismo se generaliza y se expone todo el feedlot a trastornos del comportamiento, alteraciones de la rutina y finalmente a depresión o irregularidad en el consumo. Es conveniente que estas calles sean lo suficientemente anchas para traslados cómodos pero también posibles de ser bloqueadas con las mismas tranqueras de

acceso a los corrales. Un ancho de al menos 3,5 a 4 m es el indicado. Ello facilita los movimientos de hacienda sin exponer a escapes de animales y corridas no deseables.



Esquema de las calles entre corrales.

5-2- CORRALES DE RECEPCIÓN

Los corrales de recepción son corrales que se deben ubicar en la cercanía de los corrales de manejo y tratamiento de los animales, generalmente también conectados al muelle de descarga. En su diseño se deben tener en cuenta los aspectos de diseño comentados para los corrales de alimentación, excepto que el espacio disponible por animal podría ser de la mitad porque los animales estarán transitoriamente en estos corrales. Deben tener comedero y agua y ser de fácil ingreso y egreso, como una calle de acceso del carro de alimentación al comedero.

En estos corrales se ingresa con los animales que recién llegan al feedlot. Es el lugar donde descansan, se los alimenta o dietas fibrosas y desde donde se los lleva al corral del manejo para vacunaciones, implante, curaciones, marcado, señalada, castraciones, control de parásitos u otros tratamientos.

Es conveniente tener al menos un corral de este tipo. Los corrales de recepción sirven también para tener transitoriamente animales que han sufrido algún trastorno metabólico (acidosis), heridas u otro tipo de afección pasajera, pero no aquellos con enfermedades infecciosas que puedan contaminar el corral y luego contagiar tropas que ingresan al predio. Para animales enfermos se construyen los corrales de enfermería u hospital.

5-3- CORRALES DE ENFERMERIA

Son corrales que deben tener rápido acceso desde los corrales de manejo pero deben estar aislados del movimiento de los animales sanos. Se deben ubicar alejados de los corrales de alimentación y de los de recepción. Se deben planear con espacios similares a los de recepción y con un diseño similar en comederos y provisión de agua. Estos corrales se destinan a animales enfermos con manifestaciones clínicas de enfermedades infecciosas y que se encuentran en tratamiento. Se planifican al menos un par de ellos con una capacidad para 30 a 50 animales. En estos corrales los animales permanecen entre 15 y 25 días dependiendo del tipo de tratamiento. Luego del tratamiento de una afección infecciosa, los corrales deben ser limpiados y desinfectados con cal u otro desinfectante total o de amplio espectro.

Se debe disponer de 3 a 5 m² por animal y una pendiente de 2 al 5%. Deben ser de piso firme y seco cuyos lavados o efluentes no accedan al área de los corrales de alimentación aunque finalmente terminen en la misma laguna de almacenamiento de efluentes. Se les incorpora un refugio de las características antes descritas y es conveniente construir un piso de cemento rugoso con buena pendiente hacia fuera. Es importante además ubicar estos corrales de tal forma que sea factible y simple el acceso con vehículos para tratar a algún animal en el lugar o su traslado.

... para el bienestar de la planta de acuerdo a las necesidades de los animales a cuidar

... Y TRATAMIENTO DE EFICIENTES GANADEROS

... DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE GANADEROS

... CON COGENERACIÓN ASOCIADA

... en un sistema de cogeneración de energía eléctrica y térmica para hacer la deshidratación de los residuos sólidos de acuerdo a las necesidades de la planta y a los beneficios de la cogeneración.

... biológicos que producen nutrientes.

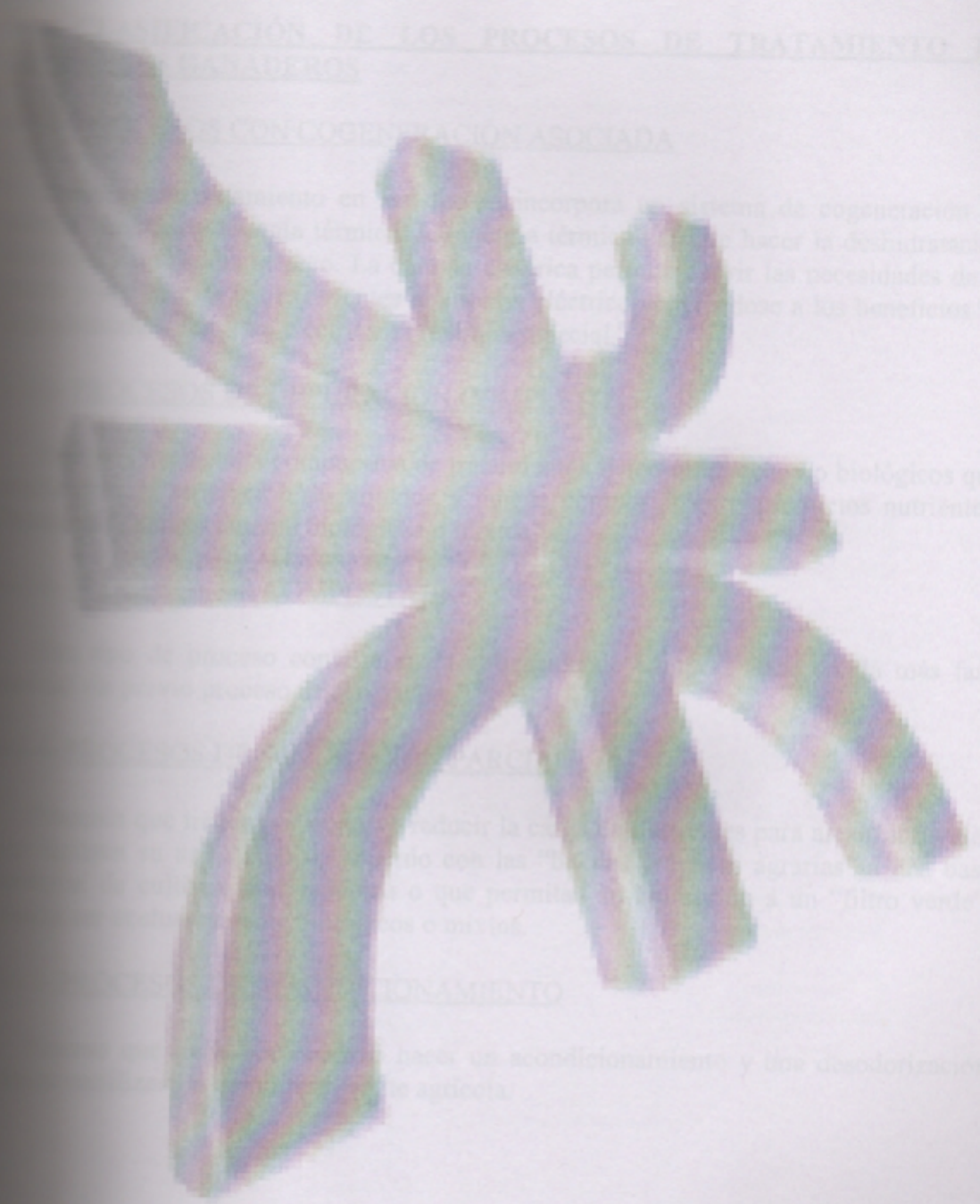
... de proceso con el fin de controlar la temperatura y la humedad.

... MARCA

... reducir la contaminación para el medio ambiente y con las "Baterías" que permiten el uso de un "filtro verde" que permite el uso de agua o miel.

... ENAMIENTO

... hacer un acondicionamiento y una desodorización de los residuos.



CAPITULO 6

CAPITULO 6: TRATAMIENTO DE EFLUENTES GANADEROS

6-1- CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES GANADEROS

6-1-1- PROCESOS CON COGENERACIÓN ASOCIADA

Procesos de tratamiento en los que se incorpora un sistema de cogeneración de energía eléctrica y energía térmica. La energía térmica permite hacer la deshidratación obteniendo un producto seco. La energía eléctrica permite cubrir las necesidades de la planta y la venta de los excedentes al sistema eléctrico acogiéndose a los beneficios de la producción de energía eléctrica en régimen especial.

6-1-2- PROCESOS DE DEPURACIÓN COMPLETOS

Procesos multietapa compuestos de tratamientos físico-químicos, y/o biológicos que conducen a la separación de líquidos y fangos compostables o productos nutrientes. Pueden ser exclusivamente biológicos o mixtos.

6-1-3- PROCESOS DE COMPOSTAJE

Este tipo de proceso consiste en la aplicación de compost (fase sólida más fase líquida) sin previo proceso de separación.

6-1-4- PROCESOS DE DEPURACIÓN PARCIAL

Procesos que tienen por objetivo reducir la carga de nutrientes para alcanzar niveles que faciliten su aplicación de acuerdo con las “buenas prácticas agrarias” a una base territorial de cultivos más reducida o que permitan su aplicación a un “filtro verde”. Pueden ser exclusivamente biológicos o mixtos.

6-1-5- PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTO

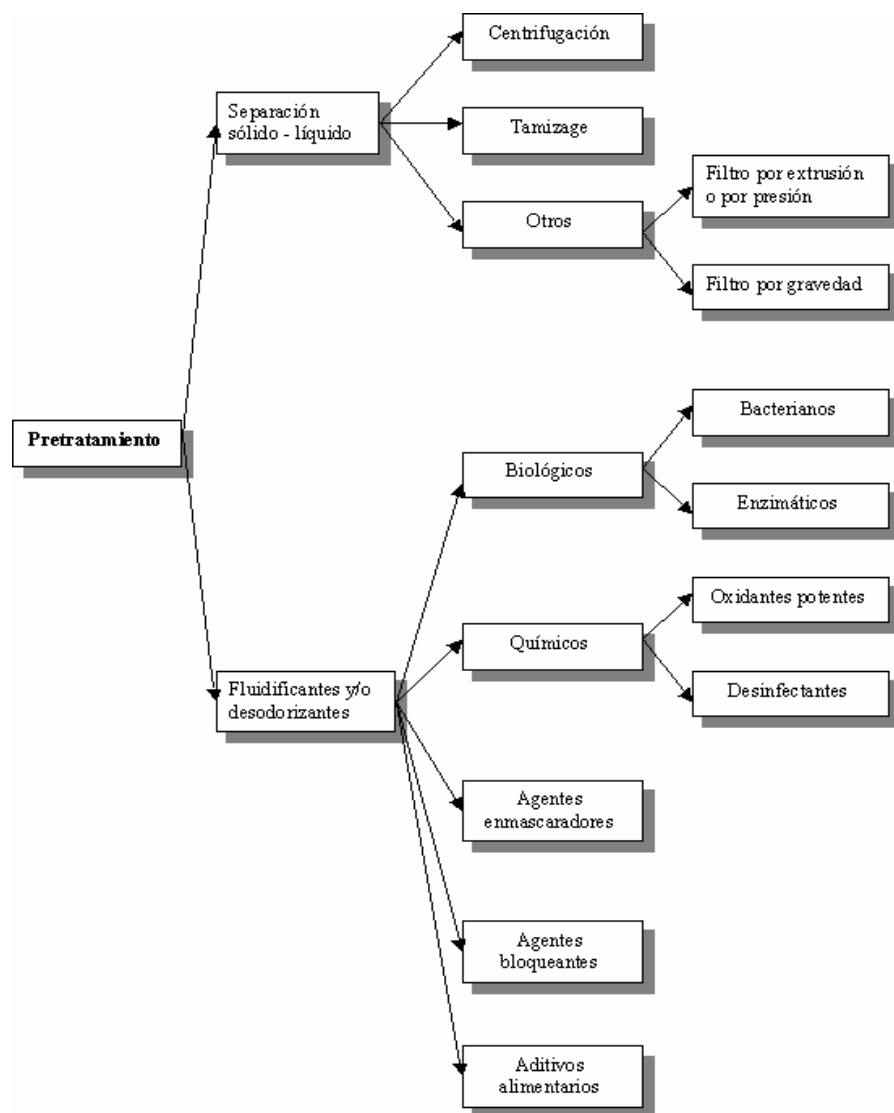
Proceso que tiene por objetivo hacer un acondicionamiento y una desodorización para su reutilización como fertilizante agrícola.

6-2- OPERACIONES UNITARIAS APLICADAS EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES GANADEROS

Los procesos de tratamiento se dividen en operaciones de pretratamiento, tratamiento y postratamiento. Un análisis de factibilidad de aplicación de estos tratamientos en el sistema ganadero Argentino arroja una conclusión de que las operaciones mas adecuadas serían:

6-2-1- OPERACIONES DE PRETRATAMIENTO

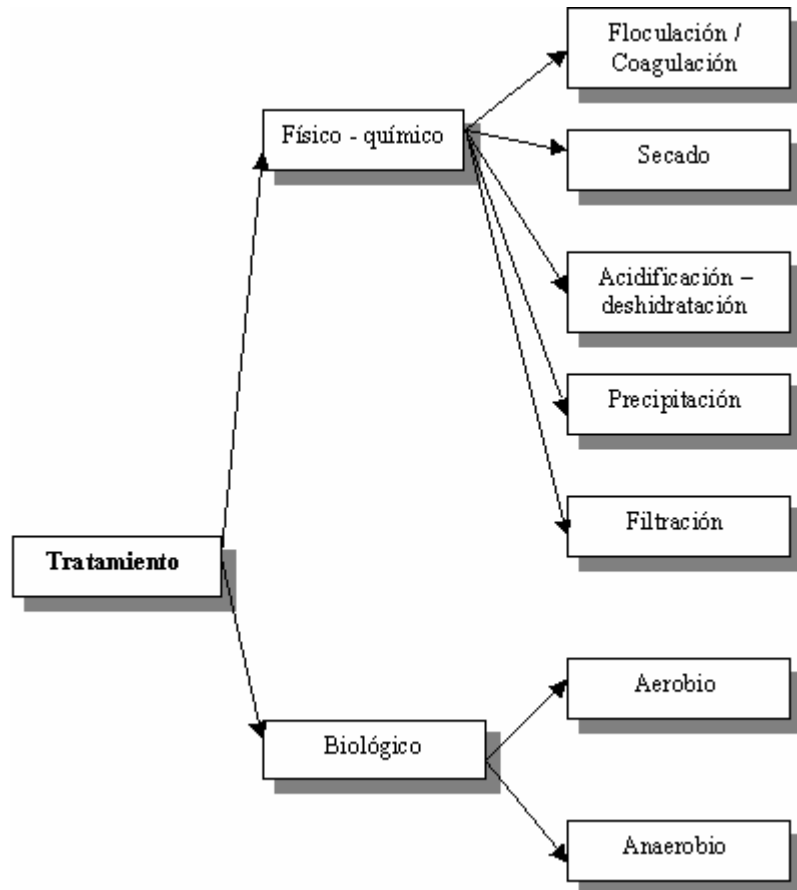
Considerando los altos volúmenes de generación de estiércol en el sistema productivo Argentino, solo sería aplicable la separación líquido / sólido.



Operaciones unitarias aplicadas en la fase de pretratamiento en los procesos de tratamiento.

6-2-2- OPERACIONES DE TRATAMIENTO

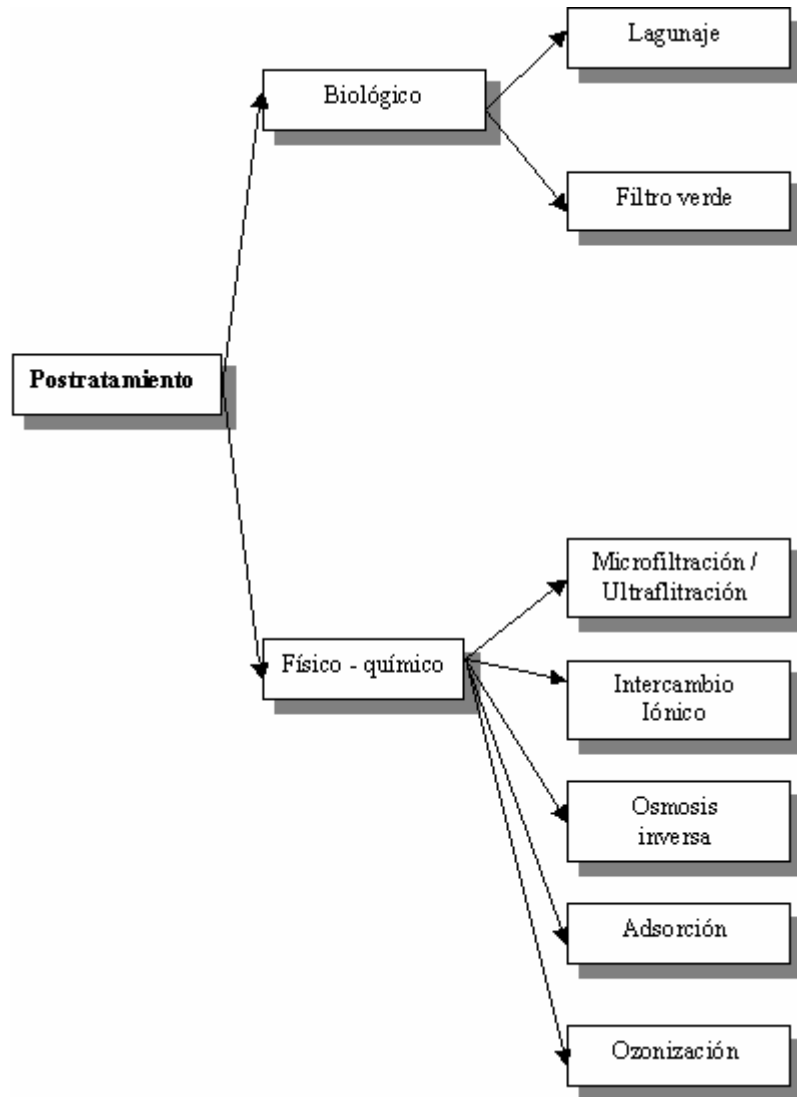
Los más plausibles de implementar son sin duda los tratamientos biológicos, tanto aerobios como anaerobios.



Operaciones unitarias aplicadas en la fase de tratamiento en los procesos de tratamiento.

6-2-3- OPERACIONES DE POST-TRATAMIENTO

El lagunaje aparece como el mas adecuado de utilizar.



Operaciones unitarias aplicadas a la fase de posttratamiento en los procesos de tratamiento.

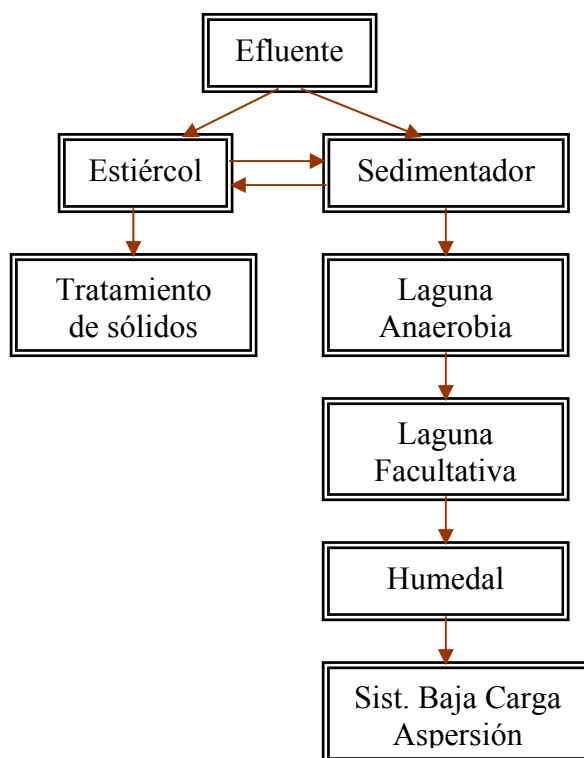
CAPITULO 7: ESTRUCTURA DE CAPTURA Y MANEJO DE EFLUENTES Y ESTIÉRCOL

El manejo de efluentes líquidos y estiércol requiere del diseño de estructuras de captura o concentración, recolección, procesamiento y rehuso o dispersión de las excretas (Esquema). La información sobre la escala del feedlot (cantidad de animales a contener) y sobre las características topográficas, edáficas, hidrológicas y climáticas del sitio constituye la base del diseño. El objetivo es la contención y manejo de los efluentes líquidos y sólidos para reducir al mínimo los escapes al medio y el proceso se inicia con la estimación de los volúmenes a generar y consecuentemente a contener, tanto en líquidos como en sólidos.

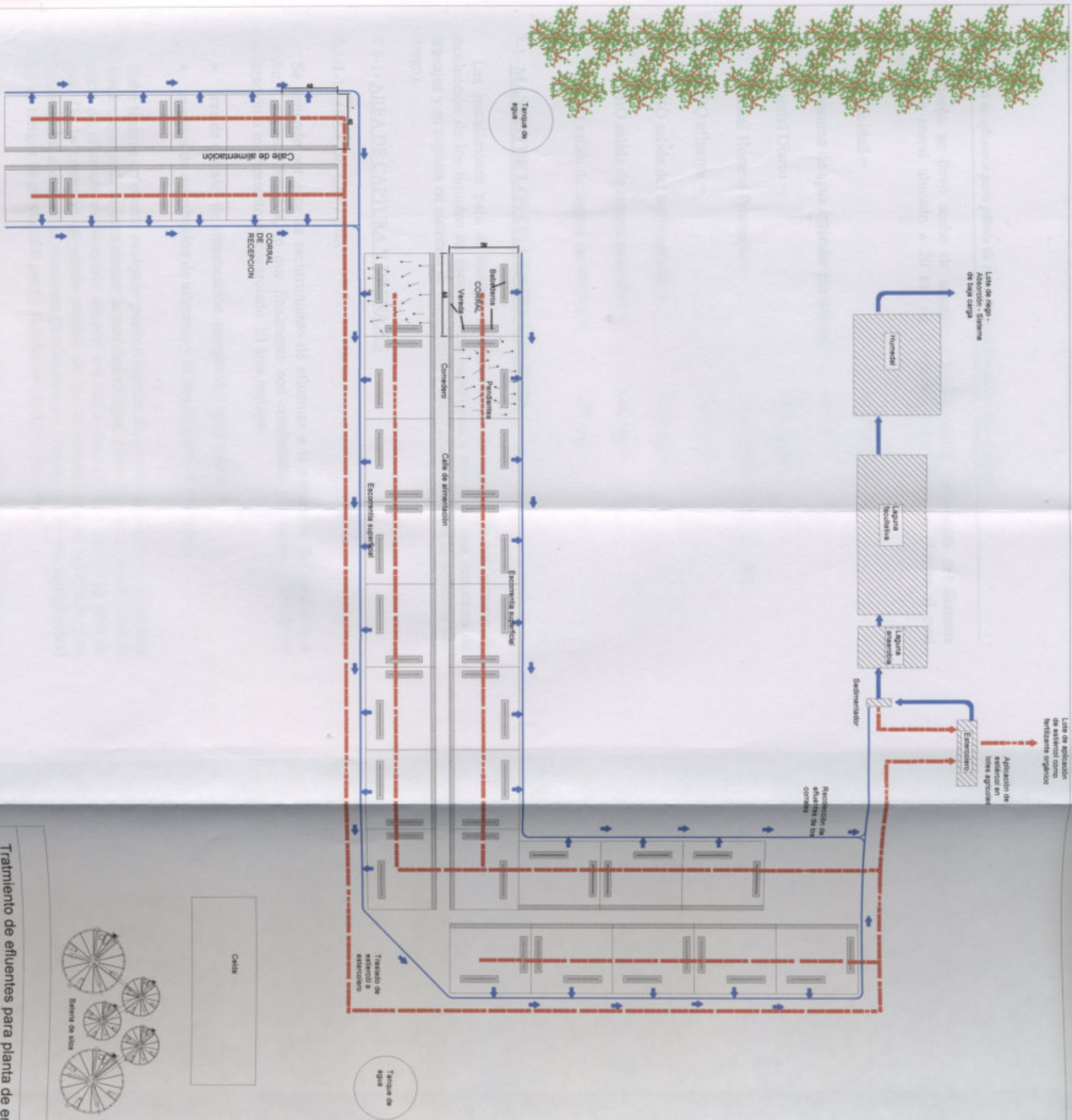
En los feedlots a cielo abierto, los efluentes líquidos son generados a partir de las deyecciones y el aporte de agua de las precipitaciones. El área del feedlot, las precipitaciones y las condiciones del suelo o piso de los corrales (textura, compactación y pendientes) definen el volumen de líquidos. El sistema de captura de efluentes tiene sentido si se corresponde con un buen diseño topográfico y tratamiento del piso de los corrales para reducir al mínimo la infiltración y facilitar el escurrimiento controlado.

Los volúmenes de sólidos generados (estiércol) se estiman, y luego se planifica su manejo de acuerdo a pautas que permitan maximizar la retención de nutrientes y elementos con potencial contaminante en la masa de estiércol y, minimizar la movilización no controlada, y prepararlo para su traslado fuera de los corrales y el uso posterior.

El flujograma del sistema de tratamiento propuesto se lo detalla a continuación:



DIBUJO DEL ESQUEMA



Tratamiento de efluentes para planta de engorde intensivo

Esquema de la estructura de manejo de efluentes líquidos (circuito azul) y estérco (circuito marrón) en el feedlot

El diseño se llevó a cabo de acuerdo a los siguientes parámetros del Sistema Intensivo a corral ubicado a 20 km de la localidad de Teodelina, distrito al cual pertenece:

Capacidad =	6500 animales / día
Consumo de agua estándar por animal =	0,07 m ³
Caudal Diario =	455 m ³ / día
Caudal Horario Promedio =	19 m ³ / hora = 0.32 m ³ / min
DBO efluente =	2000 mg/l
DBO salida del sedimentador =	1200 mg/l
DBO salida de laguna anaerobia =	600 mg/l
DBO salida de laguna facultativa =	150 mg/l

7-1- **MANEJO DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS**

Las instalaciones para el manejo de efluentes se componen de un sistema de recolección de los líquidos en escurrimiento superficial a través de una estructura de drenajes y su captura en sistemas de tratamiento y almacenamiento para su posterior uso (riego).

7-1-1- **AREA DE CAPTURA Y DRENAJES**

7-1-1-1- *ÁREA DE CAPTURA*

Se entiende por área de escurrimiento de efluentes a la superficie del feedlot que recibe o captura líquidos, lo que finalmente son conducidos y tratados evitando su infiltración o movimiento descontrolado. El área incluye:

- área de corrales de alimentación, recepción y enfermería,
- caminos de distribución de alimento y de movimiento de animales,

Debe tenerse en cuenta cualquier posible ingreso de escurrimientos externos al área del feedlot, que pudiera incrementar la cantidad de agua a drenar. Ante la posibilidad de ganancia de efluentes es necesario desviar esa carga antes de que ingrese al área de feedlot. De lo contrario se pierde control de los volúmenes que se recogerán y se incrementan los costos de la estructura de efluentes (se requerirán lagunas más grandes) como los riesgos de erosión del piso y el deterioro de las instalaciones.

7-1-1-2- DRENAJES

El sistema de drenajes se realiza para:

- evitar el ingreso de escurrimientos superficiales al área del feedlot,
- crear un área de escurrimiento controlado,
- coleccionar el escurrimiento del área del feedlot y transferirlo, vía sistemas de sedimentación, a lagunas de decantación y sistemas evaporación.

El control de la escorrentía, la erosión y los sedimentos dentro de los corrales están determinados por la pendiente, la longitud de los corrales, las características de la superficie, y la compactación de la interfase suelo y estiércol. Para asegurar buenos drenajes, minimizar los movimientos de tierra y controlar la erosión y el movimiento de sedimentos es conveniente que la pendiente se encuentre entre el 2 y 4%. Pendientes superiores al 4% incrementan los riesgos de erosión.

El drenaje de efluentes entre corrales es parte del diseño que contempla la recolección de todos los efluentes y su direccionamiento hacia el sistema de tratamiento. Los canales en los que drenan los corrales serán de cemento, ya que son más seguros, eficientes, toleran velocidades mayores de tránsito del agua y son autolimpiantes.

El cálculo del tamaño y pendientes de estos canales depende de los volúmenes a transportar y el contenido de sólidos. Los canales de drenaje construidos en cemento se diseñan para velocidades de 3m/s. La pendiente de las paredes de los canales es de 1:3, una distancia libre al pelo de agua de 0,3 m y un mínimo de profundidad efectiva de 0,6 m. Medidas de los canales: 0,25 m de ancho y 0,65 de altura.

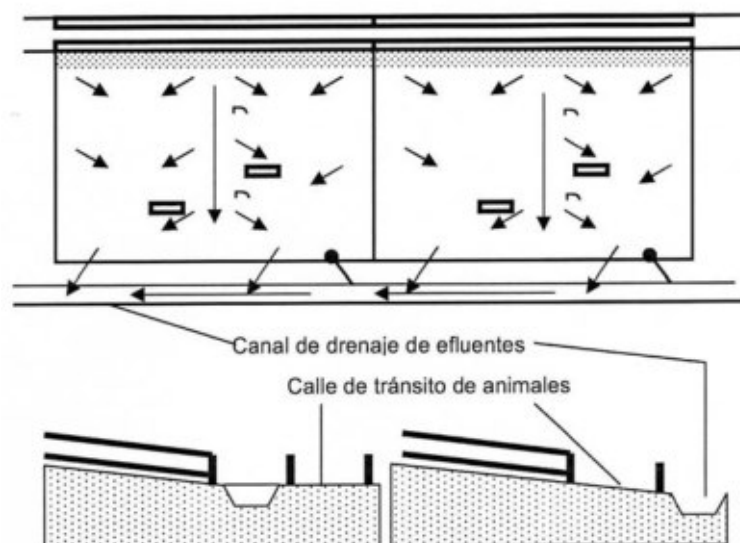


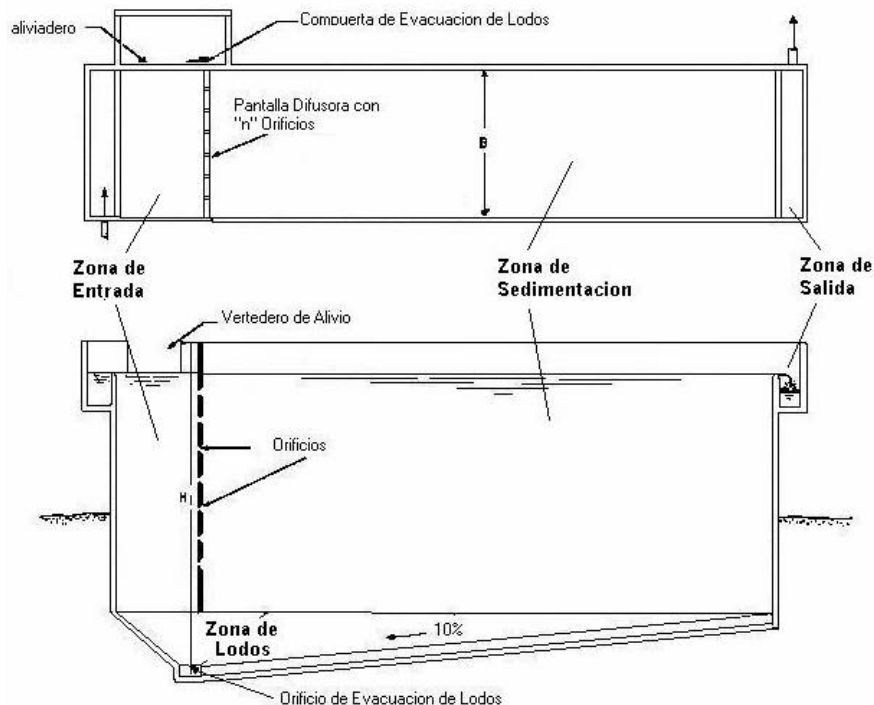
Diagrama del diseño del flujo de efluentes en escurrimiento superficial.

7-1-2- SEDIMENTADOR

La sedimentación es el asentamiento y remoción de partículas suspendidas que ocurre cuando el agua se estanca, se detienen o fluye lentamente a través de un estanque. Debido a la poca velocidad de flujo, por lo general no habrá turbulencia o será insignificante, y se permitirá el asentamiento de partículas que tengan una densidad de masa (peso específico) mayor que la del agua. Estas partículas serán depositadas en el fondo del tanque formando una capa de lodo. El agua que llegue al orificio de salida del tanque se presentará en condición clarificada.

7-1-2-1- *COMPONENTES*

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas.



a) **Zona de entrada**

Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

b) **Zona de sedimentación**

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

c) Zona de salida

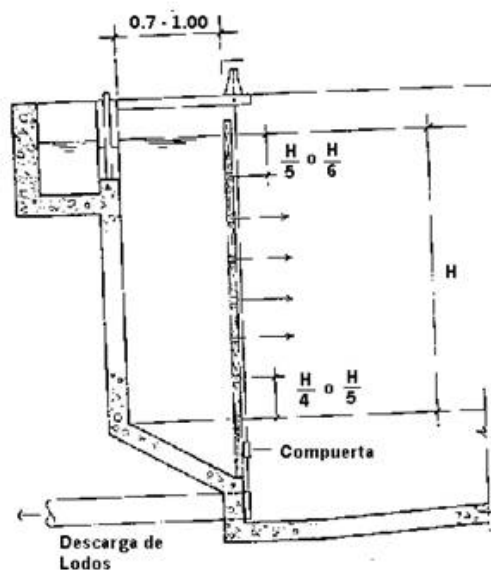
Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

d) Zona de recolección de lodos

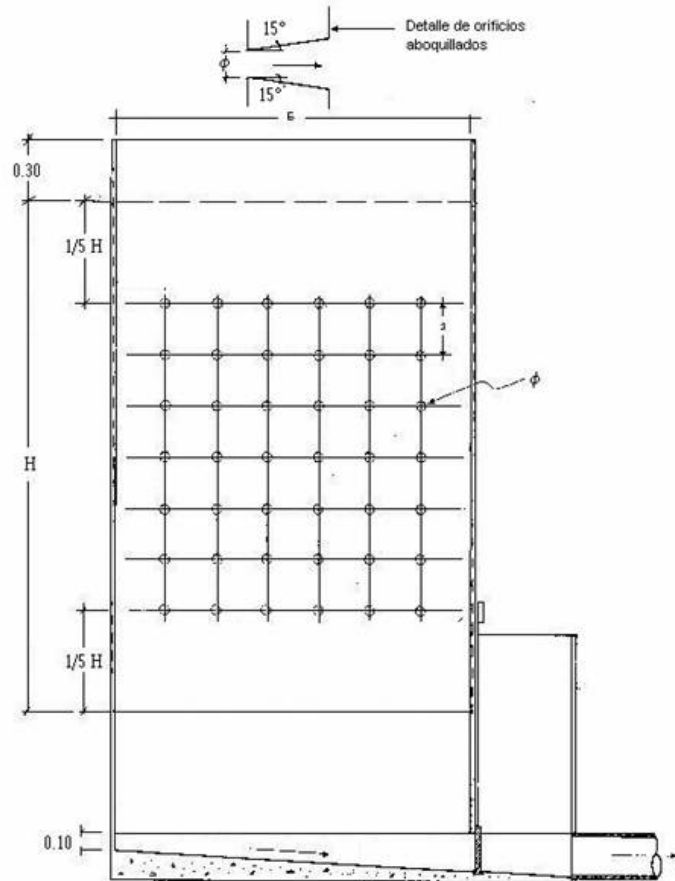
Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

7-1-2-2- CRITERIOS DE DISEÑO

- El periodo de operación es de 24 horas por día.
- El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- La carga superficial será entre los valores de 2 - 10 m³/m²/día.
- La profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m.
- La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 1 - 3.
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
- La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
- Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.
- La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.
- La sección de la compuerta de la evacuación de lodos (A2) debe mantener la relación.
- La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.



- Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 ó 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del fondo.



7-1-2-3- ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR

$$A_s = \frac{Q}{T_{es}}$$

Donde:

A_s = área superficial del sedimentador en m^2

Q = caudal a tratar en m^3 /horas

T_{es} = tasa específica de sedimentación en $m^3 / m^2 \times$ horas

Aplicando la formula mencionada tenemos:

$$A_s = \frac{19 \text{ m}^3/\text{horas}}{0,7 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times \text{horas}}$$

$$\underline{\underline{A_s = 27,2 \text{ m}^2}}$$

Considerando una relación de ancho/largo de 1/3 para efecto de calcular las medidas interiores del sedimentador aplicamos la formula:

$$\mathbf{As = Lg/An}$$

Donde:

Lg = largo del sedimentador en metros

An = ancho del sedimentador en metros

y aplicando la relación ancho/largo = 1/3 tenemos

Lg = 3An Reemplazando Lg en la formula tenemos:

$$As = 3An \times An$$

$$As = 3 An^2$$

$$An^2 = \frac{As}{3}$$

3

$$An = \sqrt{\frac{27,2 \text{ mt}^2}{3}}$$

$$\mathbf{\underline{An = 3 m}}$$

Con Lg = 3 An

$$\mathbf{\underline{Lg = 9 m}}$$

Las dimensiones del sedimentador son:

Largo 9 m

Ancho 3 m

Alto operacional 1,5 m

Volumen 40,5 m³

7-1-2-4- TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO

Es el tiempo que demoraría una partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema y se estimara para calcular la eficiencia el sedimentador.

$$\text{Trh} = \frac{V}{Q}$$

$$\text{Trh} = \frac{40,5 \text{ m}^3}{19 \text{ m}^3 \times \text{hora}}$$

$$\text{Trh} = \underline{\underline{2,15 \text{ horas}}}$$

Por lo tanto el sedimentador tendrá un volumen efectivo de $91,5 \text{ m}^3$ y un tiempo de retención de sus efluentes 2,15 horas. Siendo sus medidas de 9 m de largo y 3 de ancho y una profundidad promedio de 1,50 m, con piso con pendiente 5% de dirección longitudinal, hacia cámara interna colectora de sólidos sedimentables. Se construirá en hormigón pre-moldeado, unido por medio de junta elástica, con piso de hormigón armado, solidario con paredes, de forma tal de lograr su estanqueidad. El ingreso será de ϕ 200 mm con codo a 90° , la salida será de igual diámetro.

Los sólidos sedimentables, acumulados en la cámara correspondiente, son extraídos mediante una bomba estercolara que impulsará el contenido de sedimentos hacia la platea contenedora de estiércol.

7-1-3- LAGUNA ANAEROBIA

Los estanques anaerobios se usan para el tratamiento de efluentes ganaderos de alto contenido orgánico que también contengan una alta concentración de sólidos. Generalmente un estanque anaerobio es un estanque profundo excavado en el terreno, dotado de un sistema de conductos de entrada y salida adecuados. Para conservar la energía calorífica y mantener las condiciones anaerobias, se construyen estanques de profundidades que varían entre los 2,4 m y los 9 m, siendo profundidades típicas entre 4 y 5 m. Los residuos a tratar en el estanque sedimentan en el fondo del mismo, y el afluente parcialmente clarificado se vierte, normalmente, a otro proceso posterior.

Generalmente, estos estanques son anaerobios en toda su profundidad, excepto en una estrecha franja cercana a la superficie. La estabilización se consigue por medio de una combinación de precipitación y de conversión anaerobia de los residuos orgánicos en CO_2 CH_4 , otros productos gaseosos finales, ácidos orgánicos y tejido celular.

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

Su función es remover alta cantidad de carga orgánica y sólidos en suspensión. Una vez que los sólidos sedimentan en el fondo de la laguna son sometidos a un proceso de descomposición anaeróbica por la acción de las bacterias. Debido a esta acumulación de sedimentos es necesario limpiar las lagunas cada cierto tiempo (generalmente 3 a 5 años).

La limitante del uso de estas lagunas es la producción de malos olores por lo que el diseño de las mismas deberá considerar un valor máximo de carga de DBO, según la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = \frac{L_i \times Q}{V} = \frac{L_i}{t}$$

Donde:

λ_i = es la carga volumétrica diaria de DBO en g/m³ día

L_i = es el DBO último del afluente a la laguna en g/m³

Q = es el caudal de diseño de la laguna m³ /día

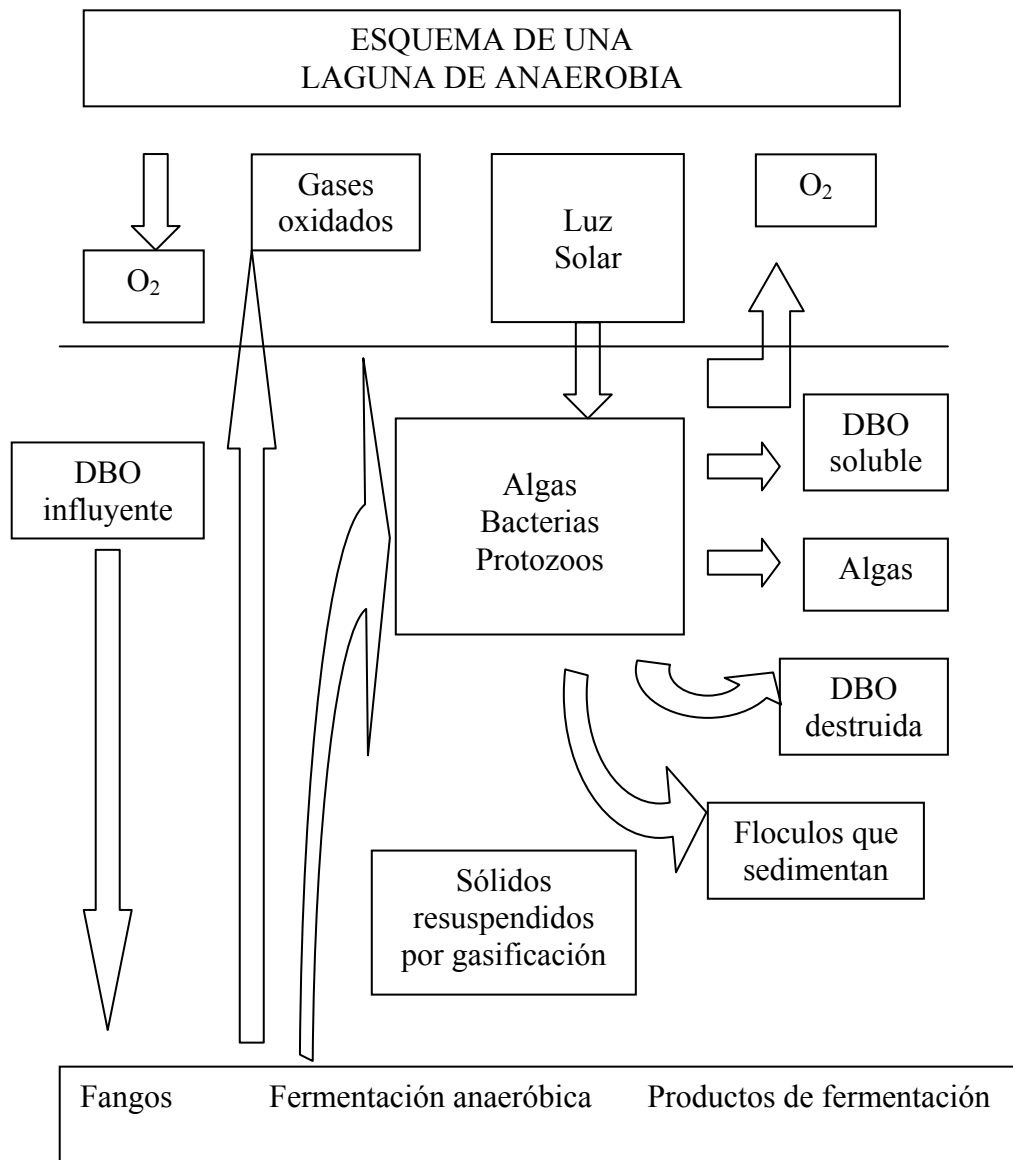
V = es el volumen calculado de la laguna anaerobia en m³

t = es el tiempo de retención de la laguna en días

Para un correcto diseño el valor λ_i debe estar en un rango entre 100 a 400 g/m³ día. De acuerdo a experiencia de autores, el grado de remoción de DBO de una laguna anaerobia esta relacionado con el tiempo de retención.

Las principales consideraciones que se han tomado en cuenta al diseñar la laguna se describen a continuación:

- ✓ El caudal diario
- ✓ La constante global de eliminación de la DBO₅
- ✓ La temperatura del agua del mes más frío
- ✓ El tiempo de retención hidráulica
- ✓ El factor de dispersión del estanque
- ✓ El área disponible para la instalación de la laguna
- ✓ El volumen y la profundidad de operación



Diferentes procesos que ocurren en una laguna anaeróbica

7-1-3-1- DISEÑO

El diseño de las lagunas anaerobias debe fundamentarse en cargas volumétricas entre 0,1 y 0,4 kg DBO₅/ m³día.

Los valores alrededor de 0,1 deben ser utilizados en zonas donde la estación fría es prolongada y alrededor de 0,4 donde hay valores anuales de temperatura templados (27-30°C).

El volumen de la laguna será:

$$V = \frac{L_i \times Q}{\lambda_v}$$

Donde:

λ_v = carga volumétrica en g DBO₅/m³ día (100-400)

L_i = concentración del DBO₅ del efluente en g/l

Q = es el caudal de diseño de la laguna m³/día

V = volumen de la laguna en m³

Teóricamente no hay límite para la profundidad de la laguna anaerobia, pero una profundidad de 4 m, puede considerarse como óptima desde el punto de vista del tratamiento.

Los datos para el dimensionamiento son muy variados, todo ellos fruto de diferentes investigaciones. Diferentes autores proponen valores de la carga volumétrica que varían entre los 40 y los 500 g DBO₅/m³ día y tiempos de retención entre 2 y 50 días.

7-1-3-2- DIMENSIONAMIENTO DE LA LAGUNA ANAEROBIA

Las principales consideraciones y base de los cálculos se describen a continuación:

- La DBO del efluente 1200 mg/l
- La temperatura del agua del mes más frío es de 15 °C
- La constante global de eliminación de la DBO₅ para aguas residuales es de $k=0,25 \text{ d}^{-1}$ a 20 °C (Metcalf & Eddy)
- El coeficiente que permite convertir a 1 a k de 20°C a la temperatura del agua de la laguna es $\theta = 1,06$ (Metcalf & Eddy)
- La profundidad útil del estanque anaerobio que permita un adecuado funcionamiento es de 4 m
- El factor de dispersión que expresa el grado de mezcla de la laguna es $d= 0,5$ (Metcalf & Eddy)
- La eficiencia esperada en la eliminación de la DBO₅ es del 50%
- Caudal del efluente = 455 m³/ día

Calculo del volumen y área de la laguna anaerobia:

a) Determinación del parámetro Kt

El término Kt es un valor que se obtiene de la gráfica de Thirumurthi (Metcalf & Eddy). Representa la relación entre el porcentaje remanente de la DBO₅ después del tratamiento y el factor de dispersión de la laguna.

El parámetro Kt para un 50 % de eficiencia de reducción de la DBO_5 y un factor de dispersión $d = 0,5$ es **$Kt = 2,5$**

Donde:

K es el coeficiente global de eliminación de la DBO_5 en d^{-1}

t es el tiempo de retención hidráulica.

b) El coeficiente de temperatura permite transformar la k a $20^\circ C$ a la temperatura del agua en la laguna.

$$K_T = K_{20} \theta^{(T-20)}$$

Donde:

θ es el coeficiente de temperatura = 1,06

K_{20} es el valor del coeficiente global de eliminación de la DBO_5 a los $20^\circ C = 0,25 \text{ día}^{-1}$

T es la temperatura del agua del mes más frío = $15^\circ C$

$$K_{15} = 0,25 \text{ día}^{-1} 1,06^{(15-20)}$$

$$\underline{K_{15} = 0,19 \text{ día}^{-1}}$$

c) El tiempo de retención hidráulica es el tiempo que debe permanecer el agua en la laguna para que pueda efectuarse la depuración. Para $Kt = 2,5$ el tiempo de retención es:

$$0,19 \text{ día}^{-1} (-t) = 2,5$$

$$t = 2,5 / 0,19 \text{ d}^{-1}$$

$$\underline{t = 13 \text{ días}}$$

d) Volumen de la laguna:

$$V = Q \times t$$

Donde:

V = es el volumen de la laguna

Q = es el caudal del efluente

t = es el tiempo de retención

$$V = 455 \text{ m}^3/\text{ día} \times 13 \text{ días}$$

$$\mathbf{V = 5915 \text{ m}^3}$$

e) Área de la laguna:

$$\mathbf{A = V/h}$$

Donde:

A = área útil de la laguna

V = es el volumen útil

h = es la profundidad

$$A = \frac{5915 \text{ m}^3}{4 \text{ m}}$$

$$\mathbf{A = 1479 \text{ m}^2 = 0.15 \text{ ha}}$$

f) Carga superficial en kg DBO₅/ha día:

$$\mathbf{C_s = \frac{V \times \text{mg DBO}_5/\text{l}}{A}}$$

$$C_s = \frac{455 \text{ m}^3 \times 1200 \text{ mg/l} \times 1/1000 \text{ kg/g}}{0,15 \text{ ha}}$$

$$\mathbf{C_{\text{superficial}} = 3640 \text{ kg DBO}_5/\text{ha día}}$$

g) Dimensiones de laguna según el área calculada:

Largo 50 m

Ancho 30 m

Profundidad 4 m

Volumen 6000 m³

7-1-4- LAGUNA FACULTATIVA

Los estanques en los que la estabilización de las aguas residuales se lleva a cabo mediante una combinación de bacterias facultativas anaerobias y aerobias, se conocen con el nombre de estanques de estabilización facultativas (aerobios – anaerobios).

7-1-4-1- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En un estanque facultativo existen tres zonas:

- ✓ Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica.
- ✓ Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.
- ✓ Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo bacterias facultativas.

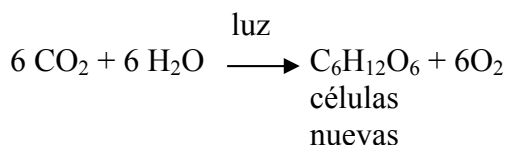
Los estanques de estabilización facultativos son estanques excavados en el terreno que se alimentan con agua residual procedente de un proceso previo. Los sólidos de gran tamaño se sedimentan para formar una capa de fango anaerobia. Los materiales orgánicos sólidos y coloidales se oxidan por la acción de las bacterias aerobias y facultativas empleando el oxígeno generado por las abundantes algas presentes cerca de la superficie. El dióxido de carbono, que se produce en el proceso de oxidación orgánica, sirve como fuente de carbono para las algas. La descomposición anaerobia de los sólidos de la capa de fango da como resultado la producción de compuestos orgánicos disueltos y de gases tales como el CO₂, el H₂S y el SH₄, que o bien se oxidan por las bacterias aerobias, o se liberan a la atmósfera.

7-1-4-2- MICROBIOLOGÍA DEL PROCESO

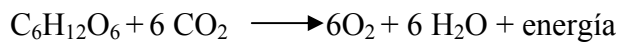
La comunidad biológica de la capa superior o aerobia es similar a la de un estanque aerobio. Los microorganismos de la zona inferior del estanque son bacterias facultativas y anaerobias. La respiración también se produce en presencia de luz solar; sin embargo, la reacción neta es la producción de oxígeno.

Las siguientes ecuaciones representan las reacciones bioquímicas de la fotosíntesis y de la respiración:

Fotosíntesis:



Respiración:



Debido a que las algas usan dióxido de carbono en su actividad fotosintética, ello puede dar lugar a condiciones de pH altos, especialmente en aguas residuales con alcalinidad baja. En muchos casos, las algas presentes en los estanques facultativos obtienen el carbono necesario para la síntesis celular del ion bicarbonato. Cuando se emplea como fuente de carbono el ion bicarbonato, se pueden producir altas variaciones diurnas del pH. Además, con el aumento del pH cambian los componentes de la alcalinidad, y tiende a predominar la alcalinidad debida a la presencia de carbonato y de hidróxido. Si el agua residual presenta altas concentraciones de calcio, se producirá el precipitado del carbonato de calcio cuando las concentraciones de carbonato y del ion calcio sean lo suficientemente elevados para alcanzar el valor del producto de solubilidad. Esta eliminación del ion carbonato evitará que el pH siga subiendo.

7-1-4-3- ANÁLISIS DEL PROCESO

El diseño de la laguna dependerá de la carga superficial de DBO aplicada a la laguna, es decir la cantidad de DBO aplicada por unidad de área de superficie de laguna por día. Esta carga superficial tendrá un valor límite máximo pasado el cual la laguna se volverá anaerobia. La ecuación para calcular dicho valor máximo es:

$$CSm = 357,4 \times 1,085^{T-20}$$
$$CSm = 400,6 \times 1,0993^{T_{ai} - 20}$$

Donde:

CSm = es la carga superficial máxima en kg DBO/ha día

T = es la temperatura del agua del mes más frío, en C°

T_{ai} = es la temperatura del aire del mes más frío, en C°

El área de la laguna facultativa se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{L_i \times Q \text{ diseño}}{Cs \text{ diseño}}$$

Donde:

A = es el área a la mitad de la profundidad de la laguna

L_i = es el DBO último del efluente a la laguna facultativa

Q_{diseño} = es el caudal de diseño de la laguna facultativa

Cs _{diseño} = es la carga superficial de DBO de diseño de la laguna

El tiempo de retención de la laguna facultativa se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{A \times h}{Q_{\text{diseño}}}$$

Donde:

h = es la altura efectiva del líquido en la laguna facultativa

t_i = es el tiempo de retención hidráulica de la laguna

El valor de DBO último a la salida de la laguna facultativa se calcula por la siguiente ecuación:

$$\text{DBO último salida} = \frac{\text{DBO último entrada}}{1 + K'lt}$$

Donde:

K'lt = es el coeficiente de descomposición del DBO₅ en días⁻¹. Este coeficiente es función de la temperatura del agua y se lo calcula así:

$$K'lt = 0,3 \times (1,05)^{T-20}$$

Para que una laguna sea considerada facultativa la altura líquida efectiva deberá estar entre 1,50 y 2,50 m.

7-1-4-4- DIMENSIONAMIENTO DE LA LAGUNA FACULTATIVA

Las principales consideraciones y base de los cálculos se describen a continuación:

- La DBO del efluente considerando que la carga inicial se ha reducido en un 50% es 600 mg/l
- La temperatura del agua del mes más frío es de 16°C, ya que por su reducida profundidad la laguna facultativa recibe radiación en toda su columna.
- La constante global de eliminación de la DBO₅ es de k=0,25 d⁻¹ a 20°C
- El coeficiente de temperatura es de 1,06
- La profundidad útil de un estanque facultativo es de 1,5 m
- El factor de dispersión es de d= 0,5
- La eficiencia esperada en la eliminación de la DBO₅ es del 75%

- Caudal del efluente es de 455 m³/ día

Calculo del volumen y área de la laguna anaerobia:

- a) El parámetro Kt para un 75 % de eficiencia de reducción de la DBO₅ y un factor de dispersión d = 0,5 es

$$\mathbf{Kt = 3,8}$$

Donde:

K es el coeficiente global de eliminación de la DBO₅ en d⁻¹

t es el tiempo de retención h.

- b) El coeficiente de temperatura es:

$$\mathbf{K_T = K_{20} \theta^{(T-20)}}$$

Donde:

θ es el coeficiente de temperatura = 1,06

K₂₀ es el valor del coeficiente global de eliminación de la DBO₅ a los 20°C = 0,25 día⁻¹

T es la temperatura del agua del mes más frío = 16°C

$$K_{16} = 0,25 \text{ día}^{-1} 1,06^{(16-20)}$$

$$\mathbf{K_{16} = 0,20 \text{ día}^{-1}}$$

- c) El tiempo de retención hidráulica para Kt = 3,8 el tiempo de retención es:

$$0,20 \text{ día}^{-1} (-t) = 3,8$$

$$t = 3,8 / 0,20 \text{ d}^{-1}$$

$$\mathbf{t = 19 \text{ días}}$$

- d) Volumen necesario:

$$\mathbf{V = Q \times t}$$

Donde:

V = es el volumen de la laguna

Q = es el caudal del efluente

t = es el tiempo de retención

$$V = 455 \text{ m}^3/\text{ día} \times 19 \text{ días}$$

$$\mathbf{V = 8645 \text{ m}^3}$$

e) Área de la laguna:

$$\mathbf{A = V/h}$$

Donde:

A = área útil de la laguna

V = es el volumen útil

h = es la profundidad

$$A = \frac{8645 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}}$$

$$\mathbf{A = 5763 \text{ m}^2 = 0.57 \text{ ha}}$$

f) Carga superficial en kg DBO₅/ha día:

$$\mathbf{C_s = \frac{V \times \text{mg DBO}_5/\text{l}}{A}}$$

$$C_s = \frac{455 \text{ m}^3 \times 600 \text{ mg/l} \times 1/1000 \text{ kg/g}}{0,57 \text{ ha}}$$

$$\mathbf{C_{\text{superficial}} = 478 \text{ kg DBO}_5/\text{ha día}}$$

g) Dimensiones de laguna según el área calculada:

Largo 116 m

Ancho 50 m

Profundidad 1,5 m

Volumen 8700 m³

7-1-5- CALCULO DE MOVIMIENTO DE TIERRA

El terreno sobre el cual serán construidas las lagunas es regular y el suelo tiene características arcillo-limosas.

En la siguiente tabla se resumen las medidas principales de los muros, a partir de los cuales se ha determinado la cantidad de material a ser movilizado en la conformación de las lagunas.

El acarreo y la compactación de tierra para la construcción de los muros serán realizados por medio de 1 bulldozer Caterpillar con un rendimiento esperado de 25 m³/hora.



Muro	Largo (m)	Corona (m)	Altura (m)	Pendiente interior	Pendiente externa	Area (m2)	Volumen (m3)
1	64	3	4	1:1.5	1:1.5	40	2560
2	40	3	4	1:1.5	1:1.5	40	1600
3	133	3	1.5	1:1.5	1:1.5	8	1064
4	64	3	1.5	1:1.5	1:1.5	8	512
5	133	3	1.5	1:1.5	1:1.5	8	1064
6	40	3	4	1:1.5	1:1.5	40	1600
7	64	3	4	1:1.5	1:1.5	40	2560
Volumen Total							10960

Volumen de tierra requerida para los muros de las lagunas

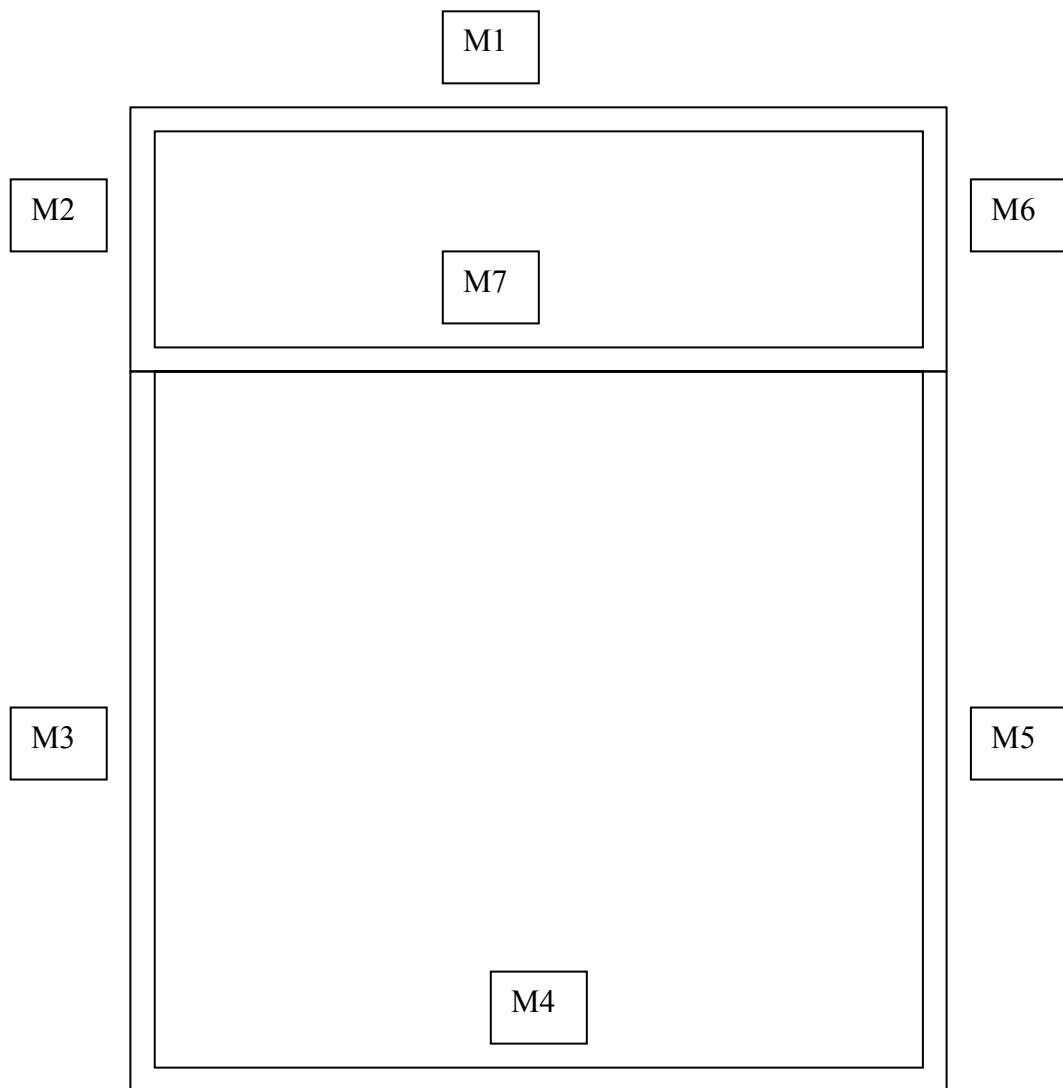
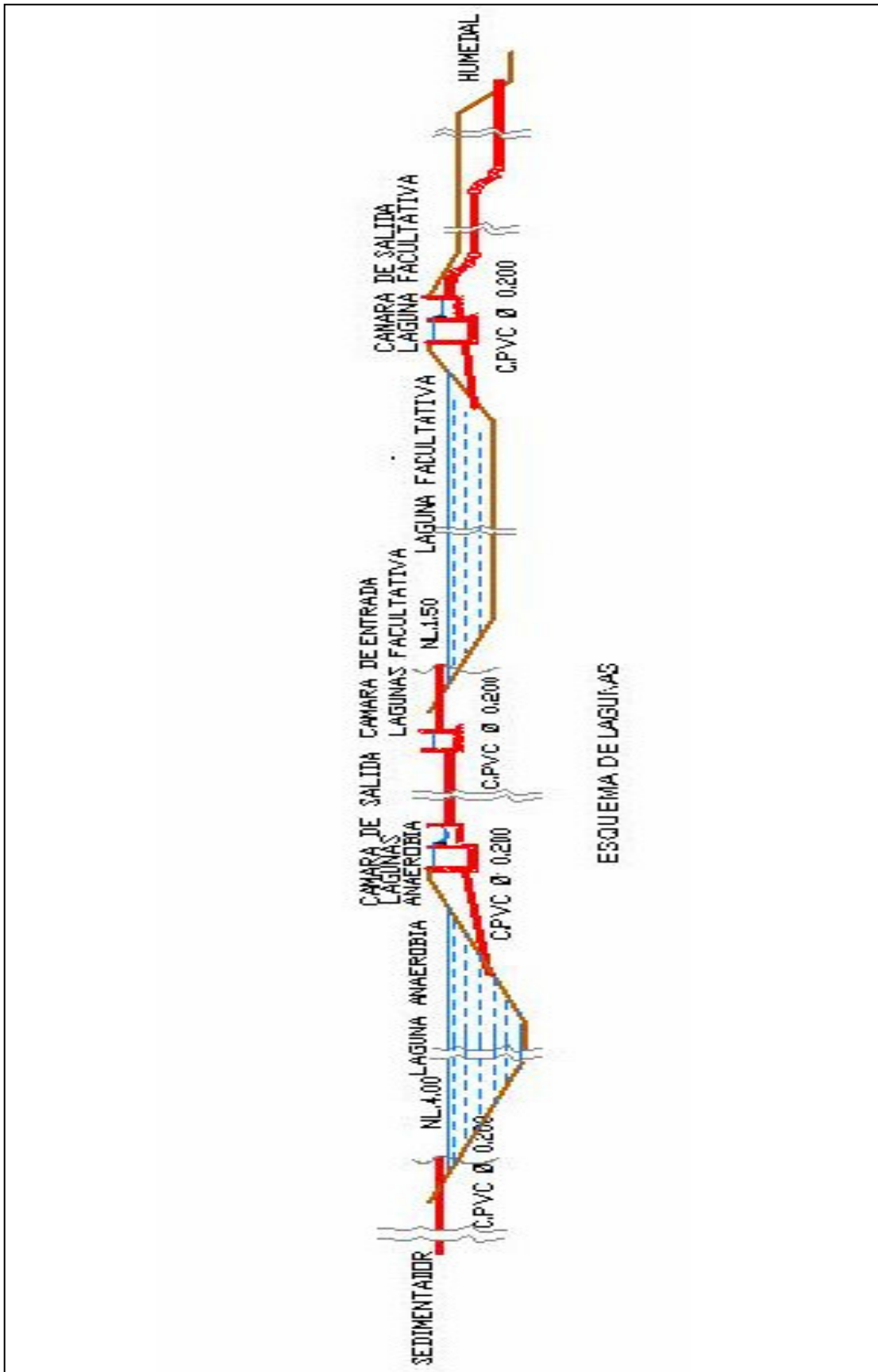
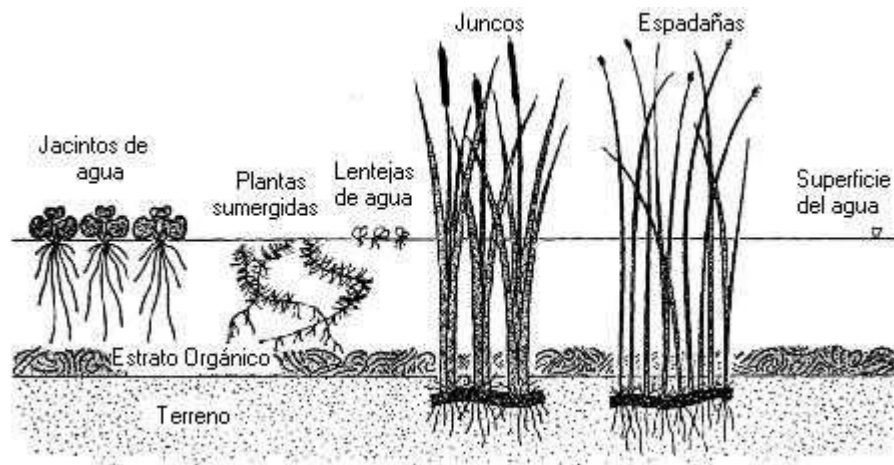


Diagrama de los muros de las lagunas



7-1-6- HUMEDAL

Los humedales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar.



Plantas acuáticas comunes

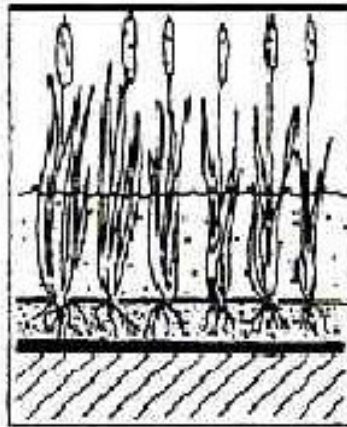
Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, son estas:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

Existen dos tipos de sistemas de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento de agua residual: Sistemas a Flujo Libre (FWS) y Sistemas de Flujo Subsuperficial (SFS). En los casos en que se emplean para proporcionar tratamiento secundario o avanzado, los sistemas FWS suelen consistir en balsas o canales paralelos con la superficie del agua expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por suelo relativamente impermeable o con una barrera subsuperficial, vegetación emergente, y niveles de agua poco profundos (0.1 a 0.6 m).

✓ **SISTEMA DE FLUJO LIBRE (FWS)**

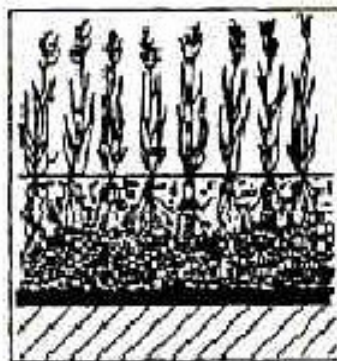
El nivel de agua está sobre la superficie del terreno, la vegetación está sembrada y fija y emerge sobre la superficie del agua, el flujo de agua es principalmente superficial.



Plantas y Agua
Suelo
Impermeabilización
Suelo Natural

✓ **SISTEMA DE FLUJO SUBSUPERFICIAL(SFS)**

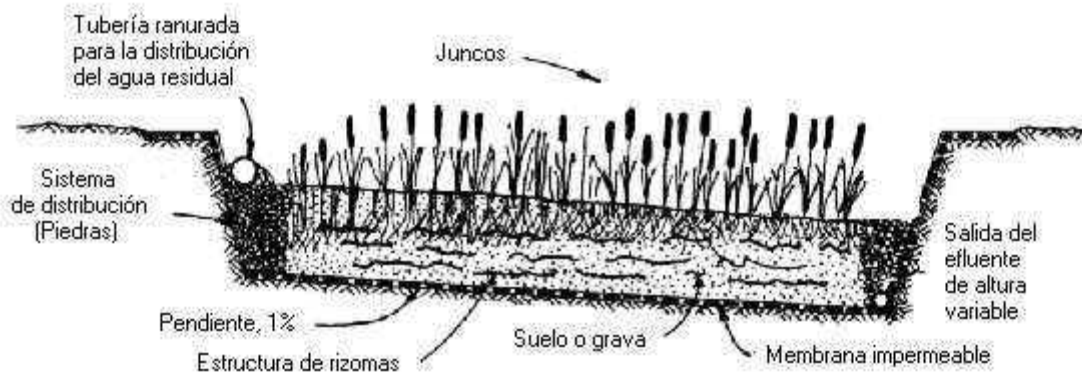
El nivel del agua está por debajo de la superficie del terreno, el agua fluye a través de la cama de arena o grava, las raíces penetran hasta el fondo de la cama.



Plantas
Suelo, arena y grava
Impermeabilización
Suelo Natural

A los sistemas FWS normalmente se les aplica agua residual pretratada en forma continua y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente. Los sistemas de flujo libre también se pueden diseñar con el objetivo de crear nuevos hábitats para la fauna y flora o para mejorar las condiciones de humedales naturales próximos. Esta clase de sistemas suele incluir combinaciones de espacios abiertos y zonas vegetadas e islotes con la vegetación

adecuada para proporcionar hábitats de cría para aves acuáticas. Los sistemas de flujo subsuperficial se diseñan con el objeto de proporcionar tratamiento secundario o avanzado y consisten en canales o zanjas excavados y rellenos de material granular, generalmente grava en donde el nivel de agua se mantiene por debajo de la superficie de grava. Las mismas especies vegetales se usan en los dos tipos de humedales artificiales.



Sección transversal de un sistema de flujo subsuperficial

El concepto de SFS tiene varias ventajas. Existe la creencia de que las reacciones biológicas en ambos tipos de humedales se deben al crecimiento de organismos. El lecho de grava tendrá mayores tasas de reacción y por lo tanto puede tener un área menor. Como el nivel del agua está por debajo de la superficie del medio granular no está expuesto, con lo que se evitan posibles problemas de mosquitos que pueden llegar a presentarse en sistemas de flujo libre en algunos lugares. Tampoco se presentan inconvenientes con el acceso de público, así como se evitan problemas en climas fríos, ya que esta capa presta una mayor protección térmica.

Aunque el área requerida sea menor que la de un sistema FWS, la viabilidad económica del sistema dependerá del coste de conseguir y poner el material granular en el lecho.

Es improbable que un sistema SFS sea competitivo desde el punto de vista de costos, frente a uno FWS para pequeñas comunidades y caudales, pero esto siempre dependerá de los costos de la tierra, el tipo de impermeabilización que se requiera y el tipo y disponibilidad del material granular empleado.

Los humedales construidos han sido usados para una variedad de industrias, escorrentía de aguas agrícolas y de lluvias, lixiviados de vertederos, rebose de alcantarillados combinados, drenaje de minas y aguas residuales domésticas en pequeños humedales tras tanques sépticos convencionales.

En cuanto al rendimiento de los humedales, se puede decir que pueden tratar con eficiencia niveles altos de DBO, SS y nitrógeno (rendimientos superiores al 80%), así

como niveles significativos de metales, trazas orgánicas y patógenos. No ocurre lo mismo con la eliminación de fósforo que es mínima en estos sistemas.

7-1-6-1- COMPONENTES DEL HUMEDAL

Los humedales construidos consisten en el diseño correcto de una cubeta que contiene agua, sustrato, y la mayoría normalmente, plantas emergentes. Estos componentes pueden manipularse construyendo un humedal. Otros componentes importantes de los humedales, como las comunidades de microbios y los invertebrados acuáticos, se desarrollan naturalmente.

✓ EL AGUA

Es probable que se formen humedales en donde se acumule una pequeña capa de agua sobre la superficie del terreno y donde exista una capa del subsuelo relativamente impermeable que prevenga la filtración del agua en el subsuelo. Estas condiciones pueden crearse para construir un humedal casi en cualquier parte modificando la superficie del terreno para que pueda recolectar agua y sellando la cubeta para retener el agua.

La hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario en el éxito o fracaso del humedal. Mientras la hidrología de un humedal construido no es muy diferente que la de otras aguas superficiales y cercanas a superficie, difiere en aspectos importantes:

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación de la superficie de agua y pérdida a través de la transpiración de las plantas).
- La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas, raíces, y rizomas y, segundo, bloqueando la exposición al viento y al sol.

✓ SUBSTRATOS, SEDIMENTOS Y RESTOS DE VEGETACIÓN

Los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava, roca, y materiales orgánicos como el compost. Sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El sustrato, sedimentos, y los restos de vegetación son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- El sustrato proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, fijación de microorganismos, y es una fuente de carbono, que es la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal.

Las características físicas y químicas del suelo y otros sustratos se alteran cuando se inundan. En un sustrato saturado, el agua reemplaza los gases atmosféricos en los poros y el metabolismo microbiano consume el oxígeno disponible y aunque se presenta dilución de oxígeno de la atmósfera, puede darse lugar a la formación de un sustrato anóxico, lo cual será importante para la remoción de contaminantes como el nitrógeno y metales.

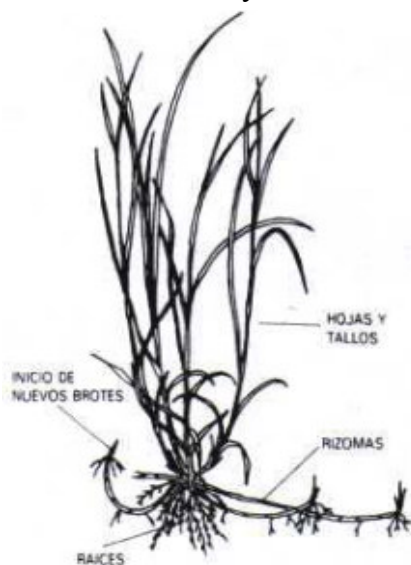
✓ **VEGETACIÓN**

El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (los tallos, raíces, y rizomas) permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión. Lo más importante en los humedales FWS es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos se degradan y se convierten en lo que hemos llamado restos de vegetación, que sirven como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre.

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.

- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos. Cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.



Esquema típico de planta emergente

Información sobre algunos de los requisitos medioambientales de algunas plantas se proporciona en la siguiente tabla.

Tabla. Especies emergentes más utilizadas en depuración de aguas residuales

Familia	Nombre latino	Nombres comunes más usuales	Temperatura, °C		Máxima salinidad tolerable, ppt	Rango efectivo de pH
			Deseable	Germinación de las semillas		
Ciperáceas	Carex sp. Eleocharis sp. Scirpus lacustris L.(*)	- - Junco de laguna	14-32 18-27		20	5-7.5 4-9
Gramíneas	Glyceria fluitans (L.) R. Br. Phragmites australis (Cav) Trin. ex Steudel (*)	Hierba del maná Carrizo	12-23	10-30	45	2-8
Iridáceas	Iris pseudacorus L.	Lirio amarillo, espadaña fina				
Juncáceas	Juncus sp.	Juncos	16-26		20	5-7.5
Tifáceas	Thypha sp (*).	Eneas, aneas, espadañas.	10-30	12-24	30	4-10

(*)Especie más utilizada entre todas

✓ **MICROORGANISMOS**

Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo. Los microorganismos incluyen bacterias, levaduras, hongos, y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono orgánico y muchos nutrientes.

La actividad microbiana:

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.
- Altera las condiciones de potencial redox del sustrato y así afecta la capacidad de proceso del humedal.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

Algunas transformaciones microbianas son aeróbicas (es decir, requieren oxígeno libre) mientras otras son anaeróbicas (tienen lugar en ausencia de oxígeno libre). Muchas especies bacterianas son facultativas, es decir, son capaces de funcionar bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en respuesta a los cambios en las condiciones medioambientales.

Las poblaciones microbianas se ajustan a los cambios en el agua que les llega y se pueden extender rápidamente cuando se tiene la suficiente energía. Cuando las condiciones medioambientales no son convenientes, muchos microorganismos se inactivan y puede permanecer inactivos durante años.

La comunidad microbiana de un humedal construido puede ser afectada por sustancias tóxicas, como pesticidas y metales pesados, y debe tenerse cuidado para prevenir que tales sustancias se introduzcan en las cadenas tróficas en concentraciones perjudiciales.

✓ **ANIMALES**

Los humedales construidos proveen un hábitat para una rica diversidad de invertebrados y vertebrados.

Los animales invertebrados, como insectos y gusanos, contribuyen al proceso de tratamiento fragmentando el detritus consumiendo materia orgánica. Las larvas de muchos insectos son acuáticas y consumen cantidades significativas de materia durante sus fases larvales. Los invertebrados también tienen varios papeles ecológicos; por ejemplo, las ninfas de la libélula son rapaces importantes de larvas de mosquito.

Aunque los invertebrados son los animales más importantes en cuanto a la mejora de la calidad del agua, los humedales construidos también atraen a una gran variedad de

anfibia, tortugas, pájaros, y mamíferos. Los humedales construidos atraen variedad de pájaros, incluso patos silvestres.

✓ **REALCE DE LA ESTÉTICA Y PAISAJE**

Aunque los humedales son principalmente sistemas de tratamiento, proporcionan beneficios intangibles aumentando la estética del sitio y reforzando el paisaje. Visualmente, los humedales son ambientes extraordinariamente ricos. Introduciendo el elemento agua al paisaje, el humedal construido, tanto como el natural, agrega diversidad al paisaje. Pueden construirse humedales artificiales siguiendo las formas que tienen los contornos naturales del sitio, hasta el punto de que algunos humedales para el tratamiento de agua son indistinguibles, a simple vista, de los humedales naturales.

7-1-6-2- *CONSIDERACIONES AMBIENTALES*

La protección de la salud pública es el propósito fundamental del tratamiento de residuos y le sigue en importancia la protección del medio ambiente.

Dos aspectos convergentes propugnan para que se consideren los procesos naturales como los sistemas de humedales artificiales. El primero es la demanda cada vez mayor de agua. El segundo aspecto es el volumen creciente de residuos biológicos y químicos que potencialmente entran en la red de aguas superficiales provenientes de las plantas de tratamiento de agua residual.

Los principales contaminantes en el agua residual entran en las siguientes categorías: nitrógeno, fósforos, organismos patógenos, metales pesados, y trazas orgánicas. Los patógenos incluyen bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Los metales pesados incluyen cadmio, cobre, cromo, plomo, mercurio, selenio, y zinc. Las trazas orgánicas incluyen compuestos sintéticos muy estables (sobre todo hidrocarburos clorados).

Las consideraciones en cuanto a salud, se refieren principalmente a nitrógeno, metales, patógenos o trazas orgánicas. Estos contaminantes y los posibles efectos potenciales que causan mayor preocupación se presentan en la siguiente tabla.

Contaminantes y sus efectos potenciales

Contaminante	Efecto potencial
Nitrógeno Salud medio ambiente	Suministro de agua a niños pequeños Eutrofización
Fósforo Salud medio ambiente	No tiene impacto directo Eutrofización
Patógenos Salud medio ambiente	Formación de aerosoles en el suministro de agua para cultivos. Acumulación en el terreno y contaminación de la vida salvaje

✓ **NITRÓGENO**

El nitrógeno está limitado en el agua de boca para proteger la salud de los niños y puede limitarse en aguas superficiales para prevenir eutrofización. Puede eliminarse nitrógeno en estos sistemas mediante procesos de nitrificación / desnitrificación y posterior pérdida de gas a la atmósfera. La remoción de nitrógeno en sistemas de humedales artificiales esta entre un 25 y un 85%.

✓ **FÓSFORO**

La remoción de fósforo en humedales no es muy eficaz debido a las limitadas oportunidades de contacto entre el agua residual y el terreno. Los mecanismos principales para la remoción de fósforo son la captación por parte de las plantas y la retención en el terreno.

✓ **PATÓGENOS**

En lo referente a las aguas superficiales que recibirán la descarga del efluente del humedal artificial, los patógenos de interés en los sistemas de tratamiento acuáticos son bacterias, y virus. Generalmente no es una preocupación la contaminación del agua subterránea, ni la transmisión a otros lugares vía aerosoles. El agua subterránea no se contaminará en sistemas que estén sellados por una arcilla impermeable o por una barrera de material sintético.

✓ **BACTERIAS**

La fauna puede verse afectada por los sistemas de humedales, ya que los lodos anaerobios pueden contener el organismo causante del botulismo (*Clostridium botulinum*). El control de este patógeno puede lograrse, en gran medida, por puntos de

dispersión múltiples para el humedal del tipo FWS. Este patógeno no es un problema para las aves salvajes en humedales tipo SFS.

Las principales vías de transmisión de enfermedades a los seres humanos desde el agua residual son: el contacto directo con el agua residual, transporte de aerosoles, cadena alimenticia, e inadecuado trato del agua de bebida.

7-1-6-3- *CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN*

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para la construcción de humedales son básicamente, la impermeabilización de la capa subsuperficial de terreno, selección y colocación del medio granular para el caso de los sistemas SFS, el establecimiento de la vegetación, y por último las estructuras de entrada y salida.

✓ **IMPERMEABILIZACIÓN**

Los dos tipos de humedales generalmente requieren que se coloque una barrera impermeable para impedir que se contamine con agua residual el subsuelo o el agua subterránea. Algunas veces está presente naturalmente por una capa de arcilla o los materiales que se encuentran in-situ y que pueden ser compactados hasta un estado cercano al impermeable.

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente alisado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si éste es del tipo de alguna fibra sintética, que pueda llegar a perforarse. El terreno que corresponde a la cubierta vegetal debe retirarse de forma cuidadosa para que pueda reservarse para ser utilizado en los humedales FWS como base para la vegetación o usarse después de la obra. El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho. Los dos tipos de humedales deben tener una ligera pendiente para asegurar el drenaje, de forma que se asegure que se proporcionaran las condiciones hidráulicas necesarias para el flujo del sistema. El gradiente hidráulico que se requiere y el control del nivel de agua en cada celda se realiza con el dispositivo de salida que debe ser regulable.

La selección del material granular para el humedal SFS es crítica para el éxito del sistema. La roca triturada y seca puede ser usada, pero durante el transporte en los camiones, existe el problema de la segregación de finos, que más tarde darán lugar a posibles atascamientos, por lo que es preferible la utilización de piedra lavada o grava. En la construcción de humedales SFS pueden también utilizarse agregados gruesos de los usados en la fabricación de concreto.

✓ **VEGETACIÓN**

En la construcción de los dos tipos de humedales, es de vital importancia establecer la vegetación en la densidad apropiada. Si están disponibles, las plantas locales que estén adaptadas a las condiciones del sitio, deben ser preferidas.

Aunque la siembra se puede hacer a partir de semillas, este método requiere bastante tiempo y un control estricto del agua. Adicionalmente presenta el problema del posible

consumo de semilla por parte de los pájaros, por lo que lo más aconsejable es plantar a partir del transplante de rizomas al lecho previamente preparado.

✓ ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y SALIDA

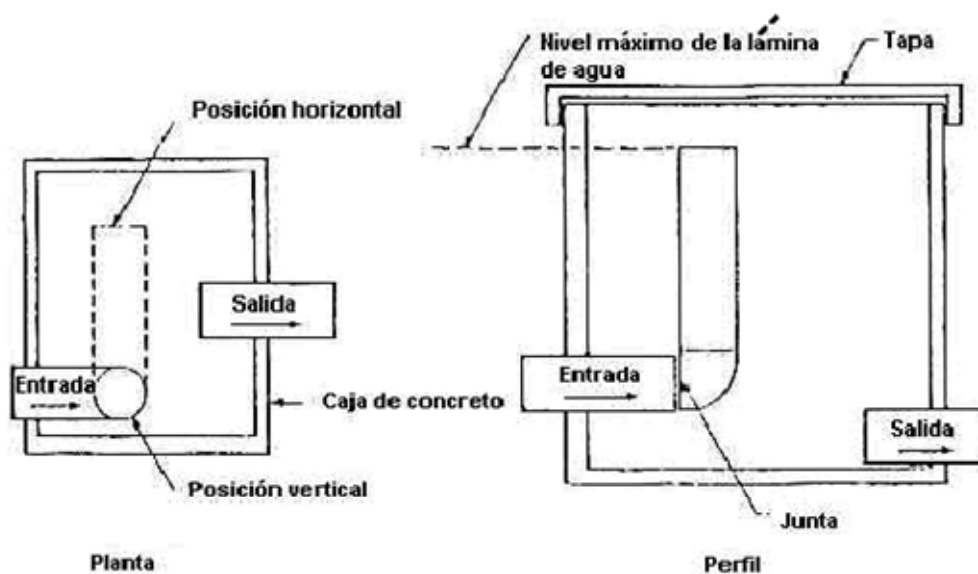
Los dos sistemas, FWS y SFS, requieren condiciones de flujo uniformes para alcanzar los rendimientos esperados. Esto se alcanza en sistemas de pequeño o moderado tamaño con tuberías de recolección perforadas que se extienden a lo ancho de toda la celda, tanto para la entrada como para la salida.

Un colector de entrada sobre la superficie permite el acceso para ajustes y control, por lo que se prefiere para muchos sistemas. Este colector generalmente consiste en una tubería plástica de 100 a 200 mm de diámetro, con una "t" ubicada sobre la línea, aproximadamente cada 3m. El operario puede mover cada "t" alrededor de un arco vertical y de ese modo puede hacer un ajuste visual e igualar los caudales de cada uno.

Los pequeños sistemas SFS incluyen normalmente una tubería perforada colocada en el fondo del lecho y rodeada por material rocoso.

El conducto de salida tanto para los sistemas SFS como para los FWS consiste normalmente en una tubería perforada colocada al final de la celda y en el fondo del lecho. En algunos casos se coloca en una zanja poco profunda, rellena con material rocoso, ligeramente por debajo del fondo de la celda del humedal, para asegurar un drenaje completo.

Los sistemas grandes normalmente tienen estructuras de entrada y salida en concreto. En el caso de las de salida, suelen contar con un dispositivo variable que permita controlar el nivel del agua en la celda del humedal, como el que se muestra en la siguiente figura.

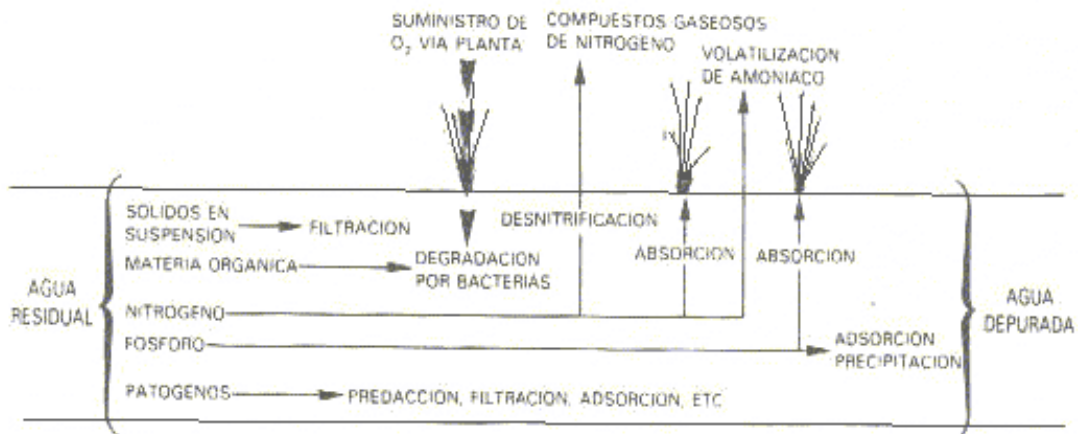


7-1-6-4- RENDIMIENTOS ESPERADOS

Los humedales pueden tratar con efectividad altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS) y nitrógeno, así como niveles significativos de metales, trazas orgánicas y patógenos. La remoción de fósforo es mínima debido a las limitadas oportunidades de contacto del agua residual con el suelo.

Los mecanismos básicos de tratamiento son los antes citados, e incluyen sedimentación, precipitación química, absorción, e interacción biológica con la DBO y el nitrógeno, así como la captación por parte de la vegetación. Si no se practica la poda, se encuentra una fracción de la vegetación que se descompone y que permanece como materia orgánica refractaria, que termina formando turba en el humedal. Los nutrientes y otras sustancias asociadas a esta fracción refractaria se considera que son eliminados permanentemente del sistema.

En la siguiente figura se pueden ver los principales procesos que se llevan a cabo en un humedal y que permiten la depuración del agua residual.



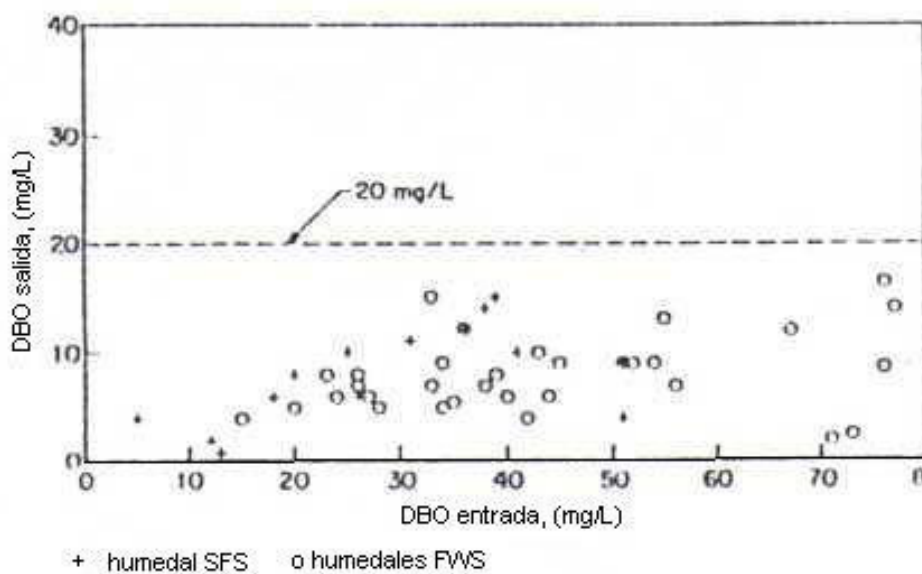
Procesos de depuración de los humedales artificiales

✓ REMOCIÓN DE DBO

En los sistemas de humedales la remoción de materia orgánica sedimentable es muy rápida, debido a la quietud en los sistemas tipo FWS y a la deposición y filtración en los SFS, donde cerca del 50% de la DBO aplicada es removida en los primeros metros del humedal. Esta materia orgánica sedimentable es descompuesta aeróbica o anaeróbicamente, dependiendo del oxígeno disponible. El resto de la DBO se encuentra en estado disuelto o en forma coloidal y continúa siendo removida del agua residual al

entrar en contacto con los microorganismos que crecen en el sistema. Esta actividad biológica puede ser aeróbica cerca de la superficie del agua en los FWS y cerca de las raíces y rizomas en los SFS, pero la descomposición anaerobia prevalece en el resto del sistema.

La figura siguiente se ilustra la DBO₅ a la entrada contra la DBO₅ a la salida para sistemas de humedales en Norte América recibiendo agua residual de variada calidad, desde primaria hasta terciaria. Todos los valores del efluente están por debajo del nivel de referencia de 20 mg/l, y esto puede lograrse sin tener en cuenta la concentración de la entrada (dentro del rango mostrado).



DBO₅ de entrada contra DBO₅ de salida en humedales artificiales

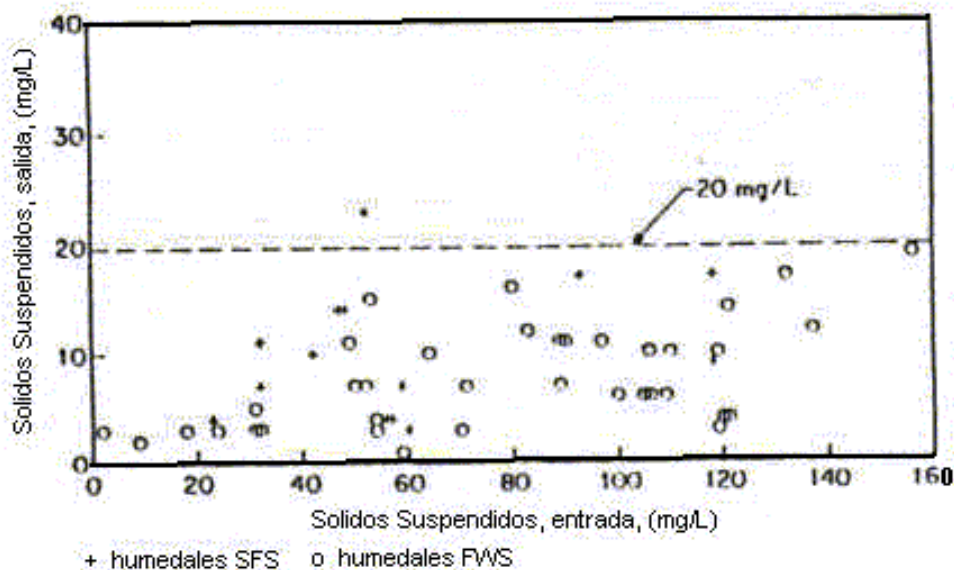
En términos generales la DBO del efluente puede estar entre 2 y 7 mg/L, lo que explica los valores bajos, en la porción inferior izquierda del gráfico.

✓ **REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

La remoción de sólidos suspendidos es muy efectiva en los dos tipos de humedales artificiales, produciendo efluentes con concentraciones inferiores a 20 mg/L que es el valor de referencia. Este comportamiento se puede ver en la figura siguiente que muestra datos de sólidos suspendidos a la entrada contra la salida en humedales artificiales.

Al igual que ocurre con la remoción de DBO, se alcanzan valores siempre por debajo del valor de referencia, independientemente de la concentración de entrada.

La remoción de sólidos en humedales es más o menos rápida, y se estima que ocurre en gran parte entre el 12 al 20 % inicial del área.



Sólidos suspendidos a la entrada contra sólidos suspendidos a la salida en humedales artificiales.

No se cuenta con un modelo cinético de remoción de sólidos suspendidos, pero las investigaciones indican que sigue el mismo patrón que la DBO. De forma que cuando se diseña un sistema para la remoción de una concentración particular de DBO, se puede esperar una remoción de sólidos suspendidos comparable, siempre y cuando se mantengan las condiciones de flujo de diseño.

✓ **REMOCIÓN DE NITRÓGENO**

La remoción de nitrógeno puede ser muy efectiva en ambos tipos de sistemas de humedales artificiales y los principales mecanismos de eliminación son similares para los dos casos. Aunque ocurre la asimilación de nitrógeno por parte de las plantas, solo una pequeña fracción del nitrógeno total puede ser eliminada por esta vía. Experiencias en Norteamérica demuestran que solamente entre el 10 y el 15% del nitrógeno eliminado se retira del sistema usando la poda de las plantas. La remoción de nitrógeno en humedales puede alcanzar valores por encima del 80%.

En los sistemas de humedales, el potencial de remoción del nitrógeno puede tomar varios años en desarrollarse, por lo menos se requieren dos o tres etapas del crecimiento de las plantas, sistemas de raíces, capa de residuos, para alcanzar el equilibrio.

Los tanques sépticos, sistemas del tratamiento primarios, y efluentes de lagunas facultativas normalmente no contienen nitratos, pero pueden tener niveles significantes de nitrógeno orgánico y amoniacal. Durante los meses de verano calurosos, las lagunas

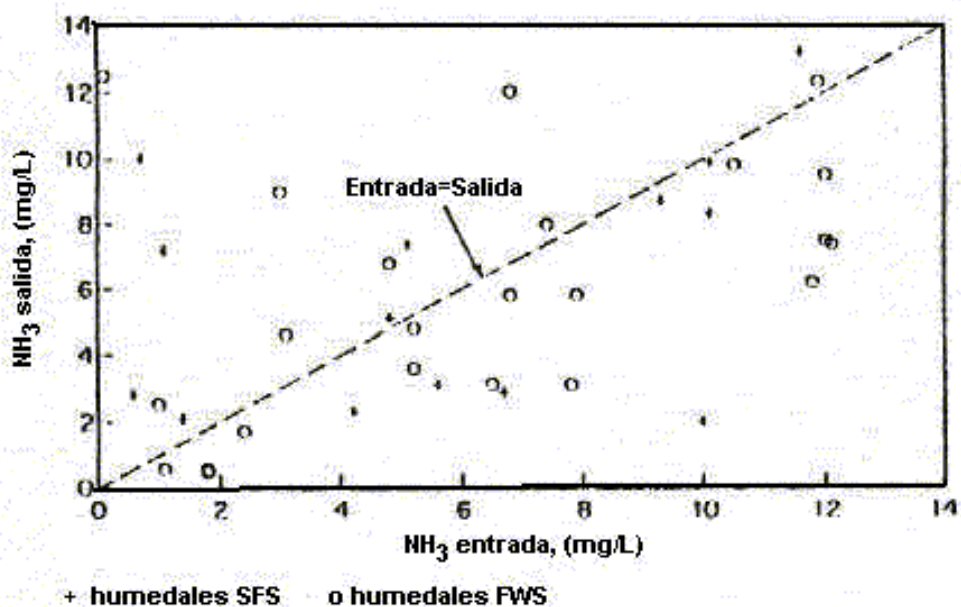
facultativas pueden tener niveles bajos de nitrógeno amoniacal en el efluente, pero a menudo contienen altas concentraciones de nitrógeno orgánico asociadas con las algas que salen con el efluente.

El nitrógeno orgánico que entra en un humedal esta típicamente asociado con materia particulada como sólidos orgánicos del agua residual y/o algas. La remoción inicial de estos materiales como sólidos suspendidos es más o menos rápida. Mucho de este nitrógeno orgánico sufre descomposición o mineralización y descarga nitrógeno en forma amoniacal al agua. También pueden ser una fuente de nitrógeno, los detritos de las plantas y otros materiales orgánicos producidos naturalmente en el humedal, produciendo una descarga estacional de amoniaco. Una aproximación conservadora al diseño, sería asumir que la mayor parte de NTK que entra al sistema, está en forma de nitrógeno amoniacal.

Se cree que la mejor forma para remover el amoniaco en ambos tipos de humedales artificiales es la nitrificación biológica seguida por desnitrificación. La oportunidad de nitrificar existe cuando se tienen condiciones aeróbicas, se tiene la suficiente alcalinidad y la temperatura adecuada, y después de que la mayoría de la DBO ha sido removida, para que los organismos nitrificantes puedan competir con los organismos heterótrofos por el oxígeno disponible.

La experiencia ha demostrado que la condición limitante para la nitrificación en los humedales es la disponibilidad de oxígeno. La relación teórica indica que son necesarios 4,6 g de oxígeno para oxidar 1 g de nitrógeno amoniacal.

La siguiente figura compara entrada y salida de amoniaco en los mismos sistemas de humedales artificiales de los gráficos anteriores. La línea inclinada que cruza el gráfico indica el momento en que la entrada y la salida de amoniaco son iguales, es decir, una remoción de cero en el sistema. Los puntos que se encuentran por encima de la línea indican que existe una producción neta de amoniaco dentro del sistema. La fuente de este amoniaco extra se cree que es la mineralización del nitrógeno orgánico en el humedal, combinado con una insuficiencia de oxígeno e inadecuadas condiciones aeróbicas requeridas para la nitrificación con los tiempos de retención hidráulica de dichos sistemas.

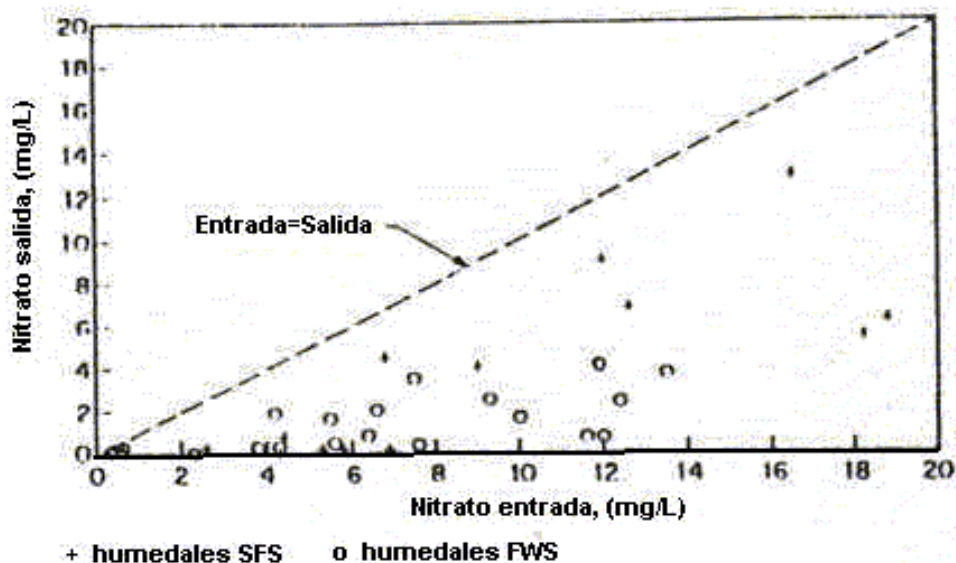


Entrada de amoníaco contra salida de amoníaco en humedales artificiales

La disponibilidad de oxígeno está relacionada con la eficiencia en la transferencia de oxígeno atmosférico en los humedales tipo FWS y con el alcance de la penetración de las raíces y la eficiencia en la transferencia de oxígeno de estas raíces en el caso de los SFS. Por tanto, es de gran importancia si se quiere tener una buena eficiencia en el proceso de nitrificación que a la hora de diseñar humedales de flujo subsuperficial se hagan con una profundidad igual a la potencial penetración de las raíces. Cualquier flujo bajo la zona de las raíces será anaeróbico y la nitrificación en esta zona no será posible.

La remoción de amoníaco es también dependiente de la temperatura. Durante los meses de verano la remoción es bastante buena, pero decrece a medida que baja la temperatura, siempre dependiendo de la temperatura del agua.

La remoción de nitratos (NO_3) por vía de una desnitrificación biológica en humedales, requiere condiciones anoxicas, una adecuada fuente de carbono y condiciones adecuadas de temperatura. La presencia de condiciones anoxicas está casi garantizada en muchos humedales artificiales y la temperatura del agua depende del clima local y de la estación, así que la disponibilidad de una fuente adecuada de carbono tiende a ser el factor que controla el proceso. Metano y otras fuentes de carbono fácilmente degradables son usadas comúnmente en procesos convencionales de desnitrificación, pero esta solución no es aplicable desde el punto de vista de los costos a los humedales, así que la desnitrificación dependerá de los organismos presentes en el agua residual o que se encuentren de forma natural en el humedal. En la siguiente figura se compara entrada y salida de nitratos en los mismos sistemas de humedales artificiales de los gráficos anteriores.



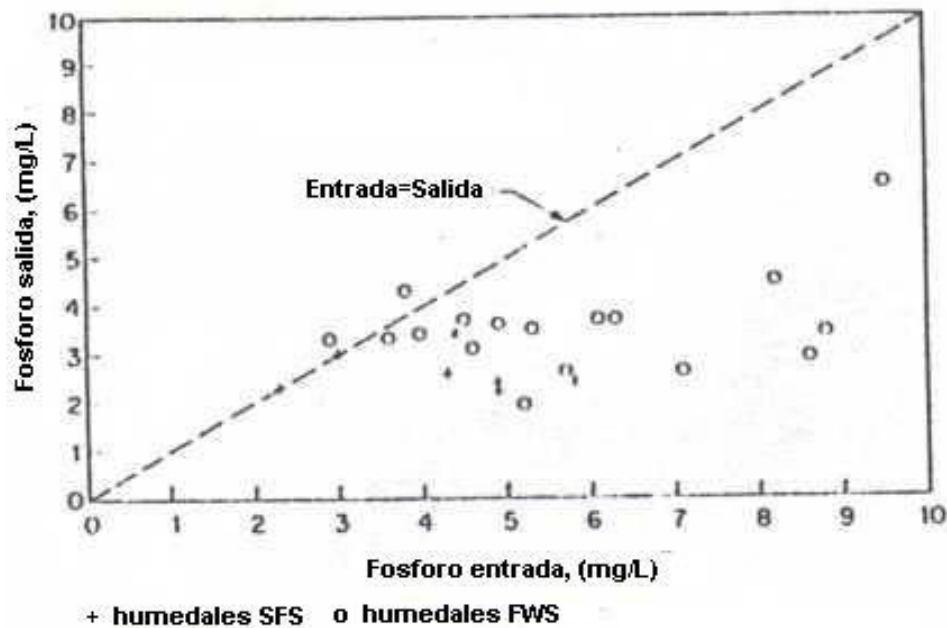
Entrada de nitratos contra salida de nitratos en humedales artificiales

La otra gran fuente de carbono en los humedales son los residuos de las plantas y otros organismos naturales presentes. Si las condiciones de temperatura son favorables, esto podría ser suficiente para una desnitrificación total, para cargas orgánicas y de nitrógeno usadas típicamente en los humedales. Los sistemas de flujo libre tienen una ventaja en este apartado, ya que la caída de hojas sobre el agua hace que sean susceptibles de tener una descomposición más rápida, comparada con los sistemas de flujo subsuperficial donde estos residuos yacen sobre la superficie del medio.

✓ REMOCIÓN DE FÓSFORO

La remoción de fósforo en la mayoría de los sistemas de humedales artificiales no es muy eficaz debido a las pocas oportunidades de contacto entre el agua residual y el terreno. Algún trabajo experimental ha usado arcilla expandida y adición de óxidos de hierro y aluminio; algunos de estos tratamientos pueden ser prometedores pero las expectativas a largo plazo no se han definido aún. Algunos sistemas en Europa usan arena en lugar de la grava para aumentar la capacidad de la retención del fósforo, pero este medio requiere instalaciones muy grandes, debido a la reducida conductividad hidráulica de la arena comparada con la grava. Si una importante remoción de fósforo es requisito del proyecto, entonces se necesitará un área de terreno muy grande o métodos de tratamiento alternativos.

La siguiente figura presenta la entrada y la salida de fósforo para los sistemas de las figuras anteriores donde los datos están disponibles.



Entrada contra salida de fósforo en humedales artificiales

La línea inclinada en la figura representa la condición donde la entrada iguala la salida, rendimiento cero. Cuatro de los puntos están un poco por encima de la línea punteada, pero la mayoría indican una eficiencia de entre el 30 y el 50%. Puede esperarse que estas eficiencias se mantengan a largo plazo durante todo el periodo de diseño del sistema.

7-1-6-5- MODELO GENERAL DE DISEÑO

Los sistemas de humedales artificiales pueden ser considerados como reactores biológicos, y su rendimiento puede ser estimado mediante una cinética de primer orden de flujo a pistón para la remoción de DBO y nitrógeno.

La siguiente es la ecuación básica de los reactores de flujo a pistón:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K_T t} \quad (1)$$

Donde:

C_e : Concentración del contaminante en el efluente, mg/l

C_o : Concentración del contaminante en el afluente, mg/l

K_T : Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura, d^{-1}

t : tiempo de retención hidráulica, d

Este tiempo de retención hidráulica en el humedal puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$t = \frac{LWyn}{Q} \quad (2)$$

Donde:

L: Largo de la celda del humedal, m

W: Ancho de la celda del humedal, m

y: Profundidad de la celda del humedal, m

n: porosidad, o espacio disponible para el flujo del agua a través del humedal. La vegetación y los residuos ocupan algún espacio en los humedales tipo FWS, y el medio, raíces y otros sólidos hacen lo mismo en los del tipo SFS. La porosidad es un porcentaje expresado como decimal.

Q: Caudal medio a través del humedal, m³/d

$$Q = \frac{Q_e + Q_o}{2} \quad (3)$$

Donde:

Q_e: Caudal de salida, m³/d

Q_o: Caudal de entrada, m³/d

Puede ser necesario calcular el caudal medio mediante la anterior expresión, para compensar las pérdidas o ganancias de agua causadas por filtración o precipitaciones a lo largo del flujo del agua residual a través del humedal. Un diseño conservador debe asumir que no existen pérdidas por filtración y adoptar una estimación razonable de las pérdidas por evapotranspiración y ganancias por lluvia de los registros históricos del lugar, para cada mes de la operación. Esto requiere una primera suposición del área superficial del humedal para poder calcular el agua extra que entra o sale. Es usualmente razonable para un diseño preliminar suponer que los caudales de entrada y salida son iguales.

Es entonces posible determinar el área superficial del humedal combinando las ecuaciones (1) y (2):

$$A_s = LW = \frac{Q \cdot \ln(C_o / C_e)}{K_{r,yn}} \quad (4)$$

Donde:

A_s : área superficial del humedal, m^2

El valor de K_T para las ecuaciones (1) y (4) depende del contaminante que se quiere eliminar y de la temperatura.

Como las reacciones biológicas del tratamiento dependen de la temperatura, es necesario para un buen diseño, estimar la temperatura del agua en el humedal. El rendimiento y la viabilidad de los humedales de tipo FWS en climas muy fríos están también influidas por la formación de hielo en el sistema. En el caso extremo, un humedal relativamente poco profundo podría congelarse, lo que daría lugar a un cese del proceso. Por tanto, se tratará también el procedimiento de cálculo para estimar la temperatura del agua en el humedal.

El diseño hidráulico de un humedal es tan importante como el de los modelos que calculan la remoción de contaminantes, ya que estos modelos están basados en que se asume un flujo a pistón con un flujo uniforme a través de la sección del humedal y con mínimos flujos preferenciales. Muchos sistemas existentes fueron diseñados sin tener la suficiente consideración de los requerimientos hidráulicos, lo que llevó a obtener condiciones no esperadas de flujo, incluidos cortocircuitos y consecuencias adversas sobre el rendimiento esperado.

Un diseño válido requiere tener en cuenta consideraciones hidráulicas y térmicas, así como la cinética de la remoción. El procedimiento es usualmente iterativo y requiere asumir la profundidad del agua y la temperatura para resolver las ecuaciones cinéticas. De esta manera, se puede predecir el área de humedal requerida para la remoción de un contaminante. El contaminante que requiera la mayor área para su remoción, será el factor limitante en el diseño y controlará el tamaño del humedal.

7-1-6-6- CÁLCULO DEL HUMEDAL

Cálculo de un sistema FWS.

Datos de partida:

- DBO entrada: 150 mg/l
- DBO salida: 20 mg/l
- SST entrada: 150 mg/l
- Caudal Q: 455 m^3/d
- Capacidad: 6300 cabezas
- Vegetación: Carrizos
- Profundidad del humedal FWS en invierno: 0.45m, y en verano: 0.15m
- "Porosidad" del humedal FWS 0.65

- Temperatura crítica en invierno: -5°C
- Temperatura del agua a la entrada: 10°C

Asumiendo que la temperatura del agua en el humedal FWS es de 8°C , determinamos la constante para esa temperatura y el área del humedal:

$$K_T = K_{20} (1.06)^{(T-20)}$$

Donde:

$$K_{20} = 0.678\text{d}^{-1}$$

$$K_8 = 0.678(1.06)^{(8-20)} = \mathbf{0.34\text{d}^{-1}}$$

Determinación del área superficial requerida para el humedal bajo condiciones de invierno:

$$A_s = \frac{Q(\ln C_o - \ln C_e)}{K_T(y)(n)}$$

Donde:

K_T : constante de temperatura

y : profundidad de diseño del sistema, m

n : "porosidad" del humedal, 0.65 a 0.75

$$A_s = \frac{(455)(\ln 150 - \ln 20)}{0.34(0.45)(0.65)} = 9218\text{m}^2$$

$$\text{TRH} = \frac{(9218)(0.45)(0.65)}{455} = 6\text{d}$$

Asumiendo que no hay formación de hielo se determina la temperatura del agua. Asumir una relación L:W de 3:1

Donde:

W: Ancho de la celda de humedal, m

L: Longitud de la celda de humedal, m

$$3W^2 = 9218$$

$$W = 50\text{ m}$$

$$L = 185 \text{ m}$$

$$v = \frac{185}{6(24)(60)(60)} = 0,0004 \text{ m/seg}$$

Donde:

v: velocidad de flujo, m/s

$$T_w = T_a + (T_0 - T_a) \cdot \exp \left[\frac{-U_s (x - x_0)}{(\rho)(y)(v)(c_p)} \right]$$

Donde:

T_w : Temperatura del agua a la distancia x, °C (x en metros)

T_a : Temperatura promedio del aire durante el periodo de interés, °C

T_0 : Temperatura del agua a la distancia x_0 , el punto de entrada al segmento de humedal que nos interesa, °C

U_s : Coeficiente de transferencia de calor en la superficie del humedal, $\text{W/m}^2 \cdot \text{°C}$, $1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ para vegetación pantanosa densa, $10\text{-}25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ para superficies abiertas de agua, valores mas altos cuando se tienen condiciones de viento sin nieve que cubra.

ρ : Densidad del agua, kg/m^3

y: Profundidad del agua, m

v: Velocidad de flujo en el humedal, m/s

c_p : Calor específico, $4.215 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$

$$T_e = (-5) + (10 - (-5)) \cdot \exp \left[\frac{-1,5(185)}{(1000)(0,45)(0,0004)(4215)} \right] = 4,6^\circ \text{C}$$

Como vemos no se produce congelación, la cual comenzaría a 3°C . La temperatura del agua a la salida.

$$T_w = \frac{10 + 4,6}{2} = 7,3^\circ\text{C}$$

Así que la temperatura asumida de 8 grados es válida y, por tanto, el área determinada también.

Ahora dividimos el humedal FWS en dos celdas de 4609m² cada una, y determinamos la profundidad del agua en verano. Asumimos una temperatura del agua en verano de 20°C

$$K_{20}=0,678d^{-1}$$

$$A_s = \frac{227,5(\ln 150 - \ln 20)}{0,678(y)(0,65)} = 9218m^2$$

$$y = 0,11m$$

Asumiendo m=0.15 y a=6 para la ecuación de Manning tenemos:

$$L = \left[\frac{A_s y^{8/3} m^{1/2} \cdot 86400}{a \cdot Q} \right]^{2/3}$$

Donde:

m: pendiente del fondo del lecho, % expresado como decimal

a: factor de resistencia,

0.4 s · m^{1/6} para vegetación escasa y >0.4 m

1.6 s · m^{1/6} para vegetación moderadamente densa con profundidades de agua residual de y =0.3 m

6.4 s · m^{1/6} para vegetación muy densa y capa de residuos, en humedales con y ≤0.3 m

$$L = \left[\frac{(9218)(0,11)^{8/3} (0,15)^{1/2} (86400)}{(6)(227,50)} \right]^{2/3} = 73,4m$$

Esta es la máxima longitud de celda compatible con las condiciones hidráulicas especificadas; por tanto, tomaremos este último dimensionamiento para el humedal, dado que el anterior superaba la condición de longitud. Este cambio afecta el cálculo de la temperatura promedio, pero aunque en este caso específico afecta la velocidad de flujo no llega a cambiar la temperatura.

$$L = 73,4 m$$

$$W = 63 m$$

$$L:W = 1,2:1$$

7-1-7- SISTEMAS DE BAJA CARGA

Una vez definidas las características del agua residual se inicia la etapa de diseño. Las principales características del emplazamiento y los criterios generales empleados para la elección de un emplazamiento se indican en la siguiente tabla.

Características del emplazamiento y criterios de selección en sistemas de baja carga

Característica	Aptitud		
	Optima	Conveniente	Pobre
Suelo			
pH	5,5-8,4	5,2-5,5	< 5,2; > 8,4
ESP, %	< 5	5-10	> 10 ^a
EC, mmhos/cm	< 4	4-8	> 8
Permeabilidad, mm/h	5-50	1,5-5; 50-150	< 1,5; > 150
Profundidad hasta el nivel freático, m	> 1,5	0,6-1,5 ^b	< 0,6
Pendiente	0-2	2-15	> 15 ^c
Uso del terreno	Agrícola	Baja intensidad	Urbano/industrial ^d
Hidrología	Sin riesgo de inundación	Bajo riesgo de inundación	Elevado riesgo de inundación

^a > 20 para sólidos gruesos.

^b Puede ser necesario el drenaje subsuperficial.

^c > 30 en emplazamientos no cultivados.

^d Con elevados niveles de pretratamiento, se puede llevar a cabo el riego de espacios verdes y campos de gol

La permeabilidad y altura de la columna de suelo hasta alcanzar las aguas subterráneas, y la presencia de un estrato impermeable o de roca, son, normalmente, las características más importantes a la hora de determinar la aptitud de un terreno para la instalación de un sistema de baja carga. La permeabilidad vertical, o conductividad hidráulica, bajo condiciones de saturación del estrato u horizonte más restrictivo del terreno, determinará las cargas hidráulicas admisibles en los sistemas Tipo 1, y afectará a los tipos de cultivos que se pueden disponer y la elección y diseño de los sistemas de distribución.

Los suelos con permeabilidades medias, 5 a 50 mm/h, son los más adecuados para la instalación de sistemas de baja carga, ya que proporcionan el mejor equilibrio entre la retención de los constituyentes del agua residual y la facilidad de drenaje. Este intervalo de permeabilidades suele estar asociado a suelos de textura media clasificados entre arcillas, margosas y margas arenosas. Los suelos de permeabilidades bajas se asocian a suelos de textura fina (arcilla) y suelos con estratos inferiores cementados. El potencial de renovación del agua residual para dichos suelos es excelente, pero las cargas hidráulicas admisibles son limitadas y el control de los cultivos es complicado. Los suelos de permeabilidad baja son más adecuados para los sistemas de riego superficial.

Los suelos con elevadas permeabilidades se asocian a suelos de textura gruesa (arenas). Este tipo de suelos permite transmitir gran cantidad de agua, razón por la cual

se pueden aplicar cargas hidráulicas elevadas. Sin embargo, la capacidad de retención de humedad de los sólidos gruesos es limitada, lo cual dificulta el control de los cultivos.

Para la retención de los componentes del agua residual, la acción bacteriana y el desarrollo de las raíces, es importante que la altura de la columna de suelo antes de alcanzar las aguas subterráneas o los estratos rocosos inferiores sea la adecuada. Para el tratamiento del agua residual es necesario disponer de una profundidad mínima de 0,9 a 1,2 m.

El emplazamiento ideal para un sistema de baja carga debería estar situado en una zona no susceptible de inundación y en la que el acceso público este controlado.

Los cultivos más adecuados para los sistemas Tipo 1 son aquellos que presentan una elevada capacidad de asimilación de nutrientes, alto consumo del agua, elevada tolerancia a la humedad del suelo, baja sensibilidad a los constituyentes del agua residual, y mínimas necesidades de control. Los cultivos que reúnen todas o la mayoría de esas características incluyen algunos forrajes perennes y turbas, ciertas especies arbóreas, y algunos cultivos agrícolas.

Las características de los cultivos de mayor relevancia incluyen:

✓ **Asimilación de nutrientes:** La capacidad de asimilación de nutrientes de un cultivo no es un valor fijo; depende de la productividad del cultivo y del contenido de nutrientes en la época de cosecha. En la siguiente Tabla se indican las tasa anuales de asimilación típicas de varios cultivos comunes.

Consumo de nutrientes de diversos cultivos^a

Cultivo	Consumo de nutrientes, kg/ha · año		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Cultivos de forraje			
Alfalfa ^b	225-538	23-37	174-225
Bromus	130-225	40-56	247
Gramma	393-673	34-45	225
Kentucky bluegrass	202-269	45	202
Quack grass	236-281	31-46	275
Reed canary grass	237-449	41-45	312
Raigrás	202-281	62-84	269-325
Trébol	178	18	101
Festuca	152-325	30	300
Orchard grass	258-281	23-56	253-353
Cultivos de campo			
Cebada	71	17	23
Maíz	174-193	19-28	108
Algodón	74-112	14	39
Sorgo	135	16	70
Patatas	230	23	247-323
Soja ^b	106-144	13-21	33-54
Trigo	56-91	17	21-5
Zonas forestales			
Zona Este			
Mezcla de arces, nogales, teacas	219		
Pino rojo	112		
Coníferas blancas	281		
Zonas replantadas	281		
Zona Sur			
Mezcla de arces, nogales, teacas	337		
Pino sureño ^c , sin maleza	220		
Pino sureño ^c , con mezcla	320		
Zona de los Grandes Lagos			
Mezcla de arces, nogales, teacas	112		
Poblaciones híbridas ^d	157		
Zona Oeste			
Poblaciones híbridas ^d	303-404		
Plantaciones de coníferas	152-247		

^a [40].

^b Las legumbres pueden fijar el nitrógeno atmosférico.

^c La especie de pino representativa de la vegetación del sur es el pino lobloley.

^d Rotaciones cortas con cosechas cada 4-5 años; representa el primer ciclo de crecimiento a partir de la siembra.

- ✓ **Consumo de agua:** El consumo de agua por parte de las plantas también recibe el nombre de evotranspiración (ET), que es un parámetro importante en la ecuación de balance hídrico que se emplea para realizar los cálculos hidráulicos. El uso consuntivo del agua varía con las características físicas y la etapa de crecimiento del cultivo, el nivel de humedad y el clima local.

- ✓ **Tolerancia de salinidad:** El agua residual generada suele contener mayores niveles de salinidad que el agua disponible para riego. La salinidad se debe controlar por medio de un drenaje y lixiviados adecuados, o, también, se puede optar por seleccionar cultivos que toleren los elevados niveles de salinidad previstos.

7-1-7-1- TRATAMIENTO PREVIO A LA APLICACIÓN

El tratamiento en sistemas de baja carga se debe considerar como un proceso unitario a combinar con otros procesos para conseguir un sistema de tratamiento completo del agua residual. El tratamiento previo a la aplicación es necesario por una serie de razones que incluyen la protección de la salud pública, el control de condiciones desagradables, la limitaciones de los sistemas de distribución, la reducción de la presencia de constituyentes limitantes del agua residual, y aspectos relacionados con terreno y los cultivos. Para los sistemas de Tipo 1, el tratamiento previo debe ser el mínimo necesario para asegurar que no se presenten riesgos para la salud pública ni se produzcan condiciones desagradables.

7-1-7-2- RIEGO CON EFLUENTES LIQUIDOS

El objeto de establecer áreas a regar con los efluentes consiste en minimizar los riesgos de contaminación con los líquidos emanados del feedlot a través de la generación de un uso económico del agua, nutrientes y materia orgánica almacenados en la laguna de almacenamiento. Los cultivos o pasturas producidos bajo riego son seleccionados por su alta capacidad de retención de nutrientes en biomasa aérea y la facilidad de cosecha mecánica del forraje. Si la cosecha fuera por medio del pastoreo directo, el retorno de nutrientes al lote es muy alto y se reducen la capacidad del sitio para aceptar riegos frecuentes con líquidos efluentes de alta carga de nutrientes en solución (particularmente fuentes nitrogenadas y azufradas de alta movilidad). La capacidad del suelo de asimilar nutrientes es crucial. Los suelos arenosos tienen una muy baja capacidad de retención de nutrientes, los más francos o arcillosos tienen mayor capacidad.

En el diseño de la superficie a regar se tiene en cuenta la cantidad de agua a dispersar, cálculo que se hace teniendo en cuenta el volumen a coleccionar en un año correspondiente al 90% más húmedo conocido en los últimos 50 años del sitio. Dado que el aporte por lluvias es también importante en esas condiciones y el riego se planifica en base al déficit hídrico, la cantidad de agua de lluvia debe ser sumada a los aportes y, en función de la demanda anual de los cultivos, se calcula la superficie mínima a disponer para no generar excedentes que resulten en la acumulación de residuales en la laguna de almacenamiento.

La uniformidad de distribución del agua es esencial para no generar áreas de sobrecarga, por otro lado el clima y el tipo de cultivo definen la cantidad a incorporar y la eficiencia de uso del agua y de los nutrientes. En ambientes con alta capacidad de evaporación, climas cálidos, los efluentes a regar pueden ser menores en volumen pero más concentrados.

Es conveniente disponer de un relevamiento topográfico del área y del perfil del suelo a regar. Entre las condiciones deseables del suelo a regar se incluirían:

- ✓ capacidad de carga hidráulica del suelo
- ✓ permeabilidad en la superficie
- ✓ baja salinidad a través del perfil
- ✓ bajo nivel de sodio
- ✓ bajo contenido de nitratos
- ✓ alta capacidad de adsorción de fósforo
- ✓ freática profunda (más de 1 m)
- ✓ ausencia de estratos endurecidos limitantes de la profundidad antes del metro de perfil

Se sugiere que el área:

- ✓ no tenga antecedentes de inundación
- ✓ no exista en la proximidad recursos hídricos superficiales o drenajes no dimensionados para recibir excedentes del área a regar sea homogénea
- ✓ las pendientes sean suaves o inexistentes.

Será también necesario realizar muestreos periódicos de nutrientes y física de suelos para detectar:

- ✓ acumulación de algunos nutrientes
- ✓ desbalances de elementos nutrientes
- ✓ incrementos de salinidad y de sodio
- ✓ necesidad de yeso para reducir el efecto de alto contenido de sodio (natricidad)
- ✓ necesidad de lavado para reducir salinidad.

7-1-7-3- CALIDAD DE LOS EFLUENTES

Las características de la dieta, la frecuencia e intensidad de las lluvias, el tamaño y diseño de los corrales y la frecuencia de limpieza de las excretas condicionan la cantidad y composición del efluente. El Cuadro 1 muestra resultados medios de análisis de efluentes generados durante una lluvia sobre áreas de feedlot.

	Australia ¹	Texas	
		Planicies altas ¹	Sur ³
	mg/litro		
Sólidos totales	-	2470	-
DQO	2100	1100	-
DBO	500	-	-
Nitrógeno	148	180	145
Fósforo	40	45	43
Potasio	460	1145	445
Sodio	260	230	256
Calcio	100	180	99
Magnesio	72	20	72
Cloro	620	1000	623
SAR	4,6	4,2	4,6
CE (dS/m)	4,5	4,5	4,5
pH	8,0	-	-

Contenido de nutrientes en efluentes de feedlot contenidos en lagunas de almacenamiento

CE = Conductividad eléctrica (medida de salinidad), dS/m = deci-Siemens/m

DQO = Demanda química de oxígeno

DBO = Demanda biológica de oxígeno,

SAR = Relación de absorción de sodio.

Los niveles de nitrógeno varían en el rango de 20 a 400 mg/litro, mayoritariamente en la forma de amonio. La salinidad (medida en CE) varía en 2 a 15 dS/m y las concentraciones de sodio (en SAR) de 2,5 a 16. Los niveles de fósforo se ubican en el rango de 10 a 150 mg/litro y los sólidos totales entre los 2000 y 15000 mg/litro.

La carga de nutrientes de los efluentes es comúnmente inferior a la demanda de los cultivos utilizables en un área de riego. Sin embargo, no puede ajustarse el riego a la demanda de nutrientes, sino a la de agua. Si se utiliza el primer criterio, se podría exceder la carga hídrica tolerable y se promoverá la lixiviación y la escorrentía. Adicionalmente, se expondría a incrementos de la salinidad a niveles intolerables por las plantas. El grado de salinidad del efluente tipo de feedlot es demasiado alto para el riego directo.

El agua utilizada para riego tiene entre 0,6 y 1,4 dS/m y es muy segura desde el punto de vista del riesgo de salinización cuando su CE es inferior a los 0,8 dS/m, pero por sobre los 2,5 dS/m es tolerada por pocos cultivos y pasturas. La salinidad reduce la producción de forraje, la eficiencia de captura de los nutrientes y degrada la calidad del suelo en el largo plazo. En todos los casos se debe diluir con agua de bajo contenido de sales totales si se plantea cubrir déficit hídricos con agua proveniente de efluentes de feedlot.

7-1-7-4- METODO DE DISTRIBUCION – SISTEMA DE ASPERSION

Los sistemas de aspersión constituyen el método de distribución de uso más común, debido a que los aspersores se pueden adaptar a una amplia gama de suelos y condiciones topográficas, y a que se pueden emplear para diversos cultivos. Los sistemas de aspersión fijos, también llamados sistemas rígidos, se pueden instalar sobre la superficie del terreno o enterrados bajo el mismo. Ambos tipos suelen consistir en aspersores de impactos montados sobre tubos dispuestos espaciados a lo largo de las tuberías de distribución conectadas a tuberías principales. La distribución mediante aspersores presenta la ventaja de un coste relativamente bajo, pero se daña fácilmente, tiene una vida útil corta debido a la corrosión, y se debe extraer durante las operaciones de siembra y de cosecha. Existen varios sistemas de aspersión móviles, incluidos el sistema pivote central, el de rueda móvil, y el de tubería móvil.



7-2- MANEJO DEL ESTIERCOL

Dependiendo de la digestibilidad de la dieta, un feedlot de 6500 cabezas puede producir entre 6000 y 9000 toneladas de estiércol anualmente. Un novillo de 450 kg produce un promedio de 38 litros o 27 kg de excrementos húmedos (orina y heces) por día, con una variación del 25% dependiendo del clima, el consumo de agua y el tipo de dieta. La reducción de la producción total de heces es el primer factor reductor de polución. Las dietas de baja fibra se caracterizan por digestibilidades mayores y menores emisiones.

7-2-1- ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCION

La estimación de la producción de heces está sujeta a las variaciones debidas al balance de nutrientes en función de los requerimientos del animal, de la digestibilidad y del consumo de alimento y agua, pero el factor de mayor incidencia es el peso vivo (PV, kg). Pero, a los términos del diseño del sistema se sugiere basar los cálculos en la ecuación que se detalla a continuación.

- Estimación de la producción anual de estiércol (PAE, kg MS) =

$$\text{PAE} = \text{PV} \times (\text{PDH} \times \text{MSH} + \text{PDO} \times \text{MSO}) \times \text{MSE}^{-1} \times \text{ERE} \times \text{EUF} \times \text{AN} \times \text{D}$$

Se requiere para ello información sobre:

PV: El peso vivo medio de los animales en engorde,

PDH (kg/día): la estimación de la producción promedio diaria de estiércol por animal en heces

PDO (kg/día): la producción diaria de orina por animal

MSH (%): el contenido de materia seca de las heces

MSO (%): el contenido de materia seca de la orina al momento de la recolección

MSE (%): el contenido de materia seca en el estiércol al momento de la recolección

ERE (%): la eficiencia de recolección del estiércol

EUF (%): la utilización anual de esa capacidad potencial

AN (animales): la capacidad del feedlot

D (días): la duración media de los engordes

Si se asumen las relaciones presentadas abajo como valores medios aceptables, puede concluirse que un feedlot con capacidad para 6500 animales por año, un uso del 80% de esa capacidad, un período de engorde medio de 80 días y un peso vivo medio de 250 kg, produce 8841 toneladas de MS de estiércol / año.

Producción diaria de heces frescas = 3,4 a 3,8 % del peso vivo

Producción diaria de orina = 1,2 a 1,8 % del peso vivo

Contenido de materia seca en heces = 20 a 30%

Contenido de materia seca en orina = 3 a 4 %

Eficiencia de recolección = 70%

Contenido de materia seca en estiércol = 70%

En los feedlots comunes, a cielo abierto y piso de tierra compactada, se remueven las excretas sólidas una o dos veces al año. Desde producido hasta su recolección, se produce una evaporación significativa del material fecal, alcanzándose valores de 70 a 80% de materia seca en la mayoría de los feedlots de climas sub-húmedos y secos. Se remueve aproximadamente 1 tonelada por animal y por año (estimación grosera y muy afectada por el tipo de animal, la dieta, el clima y la frecuencia de limpieza).

Con el desecado y el pisoteo de los animales, el material pierde volumen, se concentra y densifica incrementándose su peso específico. Cuanto mayor es el período de permanencia de los excrementos en los corrales, mayores son las pérdidas de elementos móviles como el nitrógeno y el potasio y menor es el valor fertilizante de este material.

Paralelamente, con la mayor permanencia promedio de las excretas en el corral se incrementan las emisiones de potenciales contaminantes del aire, del suelo y el agua. Aproximadamente la mitad del nitrógeno y 2/3 del potasio contenido en los excrementos se encuentra en la fracción líquida. El fósforo excretado se encuentra casi en su totalidad en la excreta sólida. En ese contexto, la pérdida de los líquidos reduce el valor del excremento y expone el sitio a la contaminación.

En la medida en que la carga animal de los corrales se incrementa, aumenta la producción de heces por corral, y la necesidad de limpiezas más frecuentes, por lo que aumenta la cantidad de material removido por animal, aunque es de menor peso específico.

7-2-2- ACUMULACION

La mayor acumulación de estiércol ocurre en los sectores adyacentes a los comederos. En esas áreas, también el contenido de humedad es mayor. El ritmo de producción es mayor al de secado. En años lluviosos, y especialmente en instalaciones con problemas de escurrimiento o drenajes, las limpiezas periódicas en el área anexa a los comederos reducen problemas de anegamiento, suciedad y expresión de afecciones de las patas y enfermedades.

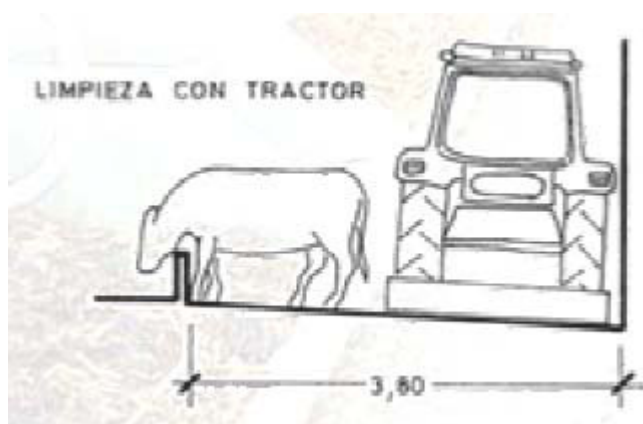
El otro sector de alta concentración de heces es el contiguo a los bebederos. Se le suma aportes de agua por orina. Es un sector donde los animales frecuentemente orinan. También se aportan agua los rebalses por desperfectos o salpicado desde los mismos bebederos que los animales producen. Las limpiezas frecuentes reducen las acumulaciones de material fecal húmedo y problemas posteriores.

Debajo de los alambrados o cerco del corral ocurren también acumulaciones importantes de material fecal. Esa acumulación opera de embalse de aguas obstruyendo el movimiento de la escorrentía en el momento de lluvias y se produce el enlagnado de los corrales. Ese encharcado reduce el área de corrales, favorece el ablandamiento del piso, la infiltración y la erosión del suelo. Si persiste por mucho tiempo se ofrece un medio propicio para el desarrollo de bacterias, hongos e insectos (moscas, mosquitos, etc.), la producción de olores de fermentación y putrefacción y el desarrollo de enfermedades de las patas.

El área de contacto entre la vereda de cemento y el piso de tierra del corral suele ser otro espacio de erosión y acumulación de heces y agua. Es conveniente vigilar este sector permanentemente. En caso de un deterioro visible es necesario aportarle material de tierra y piedra o tosca y compactarlo bien, de lo contrario los animales lo remueven rápidamente.

7-2-3- LIMPIEZA DE LOS CORRALES

La remoción frecuente del estiércol y su aplicación directa en la tierra maximiza el valor fertilizante, reduce los riesgos de polución de aguas y aire y reduce el costo de los dobles manipuleos. Cargadores con pala frontal se utilizan comúnmente para limpiar los corrales.



Normalmente se limpian los corrales cuando están vacíos entre salidas y entradas de lotes de animales. Se deben limpiar dentro de los 5 días luego de salido el lote de animales para evitar el encostrado con la humedad diaria y lluvias eventuales. Si la cantidad de material acumulado excede los 15 o 20 cm de altura y ocurren lluvias, puede comenzar un flujo masal de la excreta (movimientos similares a los de la lava volcánica) que ensucia todo a su paso, congestiona drenajes y compromete el acceso a las calles y corrales.

La naturaleza de la excreta acumulada condiciona el procedimiento de limpieza. La acción de los animales resquebraja permanentemente las costras superficiales y promueve el desecado del suelo. Sin embargo, si la capa de material orgánico acumulado se encuentra altamente compactada y seca, es conveniente, antes de proceder con las palas de remoción, resquebrajar el manto superficial con equipos cortadores (rolos con cuchillas) y luego proceder al amontonado y carga del material. En algunos casos la carga directa con pala frontal es posible, pero el manto deberá superar los 10 cm de espesor. De lo contrario se corre el riesgo de romper la interfase endurecida de suelo estiércol.

Esa capa de suelo-estiércol de 2,5 a 5 cm de espesor y selladora de la superficie, opera de barrera a la infiltración y protege de la contaminación y de la erosión y debe ser preservada. La falta de compactación e impermeabilización de los suelos o la ruptura de la mencionada capa, es el principal motivo de infiltración y contaminación de freáticas.

Ante el riesgo de romperla, es preferible dejar material y realizar una compactación mecánica para homogeneizar. En el caso de quebrarla o levantarla es necesario revisar los niveles topográficos y compactar el suelo nuevamente, incluso con el agregado de suelo de alta capacidad de compactación.

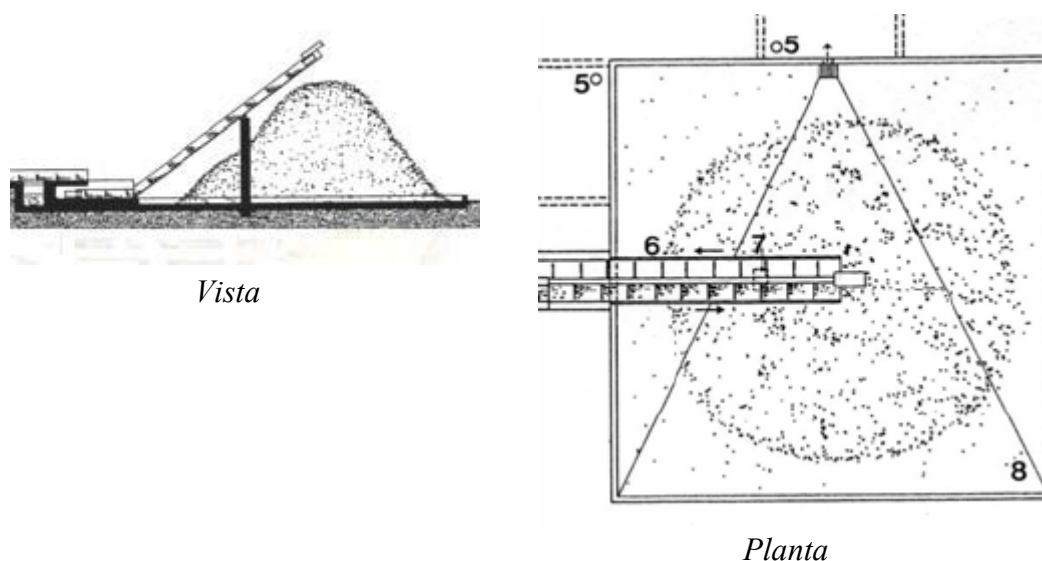
En los casos en por alto contenido de humedad, la limpieza no resultare muy efectiva o fuese irrealizable será necesario reducir la carga animal de los corrales para reducir la presión sobre el suelo húmedo. Si esta situación es recurrente, debe tenérsela en cuenta en el diseño de las instalaciones para contar con corrales vacíos, en momentos de mucha precipitación y riesgo de encharcamiento.

7-2-4- ATRINCHERADO FUERA DE LOS CORRALES

El apilado de estiércol fuera de los corrales, recolectado en pilas en forma de trinchera es la estrategia más común. Se selecciona un sitio de baja permeabilidad y buen drenaje, incluido en el área cubierta por el sistema de drenajes del feedlot para que los efluentes líquidos que se generen en el mismo escurran hacia el sistema de conducción de efluentes líquidos. El estiércol se acumula en estercoleros, apilándolo en capas para permitir mayor evaporación y acción microbiana aeróbica con el objetivo de lograr reducir su volumen y contenido de agua, especialmente si se está removiendo húmedo de los corrales.

Los estercoleros tienen por objeto almacenar el estiércol desde que se saca de los alojamientos hasta que se distribuye en el campo como abono orgánico. Se sitúan en lugares de fácil acceso, cercanos a los alojamientos de ganado y alejados de las viviendas y de los pozos o fuentes que suministren agua potable.

La plataforma está formada por una capa de hormigón en masa, de 10-15 cm de espesor, asentada sobre otra capa de grava. Se hacen juntas de dilatación cada 4 m; para ello se interrumpe el hormigonado con una tabla delgada, que posteriormente se quita para rellenar el hueco con betún asfáltico. La superficie interior de la plataforma, se enlucce con un mortero de cemento de dosificación rica, al que se añade algún impermeabilizante, con objeto de evitar filtraciones.



Planta contenedora de estiércol

7-2-5- COMPOSTAJE

Paralelamente o no a la construcción del biodigestor se pueden implementar áreas de compostaje, este proceso se refiere a la descomposición de diferentes materiales orgánicos tanto de origen animal como vegetal, para obtener un producto final llamado compost, este proceso no se refiere meramente a la eliminación de desechos; tiene también relación con regresar los desechos al suelo como parte del ciclo de vida.

A diferencia de las alternativas previamente citadas, por tratarse de un proceso aeróbico, será necesario mantener las condiciones de aireación y humedad adecuadas.

7-2-5-1- *¿QUÉ ES EL COMPOSTAJE?*

El compostaje o “composting” es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre los excrementos de animales, permitiendo obtener un producto orgánico denominado "compost". Es el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es una fuente de nutrientes para el suelo, mejora la estructura del mismo, por su aporte en materia orgánica ayuda a reducir la erosión, y por su porosidad aumenta la absorción de agua y nutrientes por parte de los vegetales.

7-2-5-2- *PROPIEDADES SOBRE EL SUELO*

Algunos de los beneficios del compost son:

- ✓ Mejora la sanidad y el crecimiento de las plantas por cuanto el compostaje aerobio elimina del sistema a la mayoría de los patógenos y las semillas de malezas.

- ✓ Formación de humus permanente durante la maduración progresiva del compost que aumenta la cantidad de humus en el suelo.
- ✓ Las plantas pueden absorber más nitrógeno como consecuencia del estrechamiento de la relación carbono-nitrógeno en el suelo.
- ✓ Hay un lento y sostenido flujo de las sustancias nutritivas del compost, que hace que las plantas sean fuertes y toleren bien el ataque de plagas y enfermedades.
- ✓ Existe una desintegración de sustancias difícilmente solubles en el suelo, efectuada por los microorganismos durante el proceso de descomposición de la materia orgánica pudiendo ser absorbidos por las plantas.
- ✓ Descomposición parcial y casi completa de algunos residuos agrotóxicos.

Por otro lado, hay inconvenientes de manejo:

- ✓ Aplicado a un residuo orgánico líquido se requiere un gran volumen de materia orgánica leñosa (residuos vegetales) para que la consistencia de la mezcla permita una correcta aireación de la masa.
- ✓ Este sistema puede ser medioambientalmente correcto pero exige unas instalaciones donde se pueda disponer de grandes cantidades de residuos vegetales.
- ✓ El mantenimiento del nitrógeno en el compost supone que no se reduce la base territorial precisa para su uso.
- ✓ Ambientalmente los aspectos higiénicos y de emisión de olores deben ser objeto de especial verificación.
- ✓ El costo de la maquinaria y la mano de obra necesaria.

7-2-5-3- FACTORES QUE CONDICIONAN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica.

Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de

residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

a) Temperatura.

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malezas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

b) Humedad.

En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento.

c) pH.

Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5)

d) Oxígeno.

El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial -Relación C/N equilibrada.

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada.

7-2-5-4- POBLACIÓN MICROBIANA

El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias y hongos.

7-2-5-5- EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El proceso de composting o compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

a) Mesolítico.

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

b) Termofílico.

Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C

estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosa.

c) De enfriamiento.

Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinviden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

d) De maduración.

Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Parámetro	Unidad	Mínimo	Promedio	Máximo
Perdida de ignición	% TS	25	35	45
Residuo de ignición	% TS	55	65	75
Contenido de agua	%	35	36	50
Contenido de proteínas	%	30	33	35
Contenido de celulosa	%	3	4	5
Densidad	kg/m ³	550	680	850
Contenido de sal soluble	kg/m ³	2	4	8
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	2	2.5	4
pH	-	7.0	7.6	8.3
N total	% TS	0.8	1.1	1.5
N mínimo	mg/l compost	100	150	400
Fósforo (P ₂ O ₅ total)	% TS	0.4	0.7	1.0
Fósforo (P ₂ O ₅ soluble)	mg/l compost	500	1200	2000
Potasio (K ₂ O total)	% TS	0.6	1.2	1.5
Potasio (K ₂ O soluble)	mg/l compost	1000	2500	5000
Magnesio (MgO total)	% TS	0.2	0.4	0.7
Magnesio (MgO soluble)	mg/l compost	150	250	500
Calcio (CaO total)	% TS	2	3	6

Análisis de un compost generado en un feedlot.

Parámetro	Contenido (µg/ml)	Parámetro	Contenido (meq/110 g)
N	185,00	Ca ⁺⁺	8,80
P ₂ O ₅	465,00	Mg ⁺⁺	3,40
K ₂ O	480,00	Na ⁺	0,20
Metales pesados		K ⁺	4,25
Fe	5,00	pH	7,84
Cu	6,00	Materia orgánica (%)	17,75
Mn	0,00		
Zn	0,20		

Nutrientes en un compost generado en un feedlot.

7-2-5-6- MANEJO DEL COMPOST EN SISTEMAS GANADEROS INTENSIVOS

El *compost* producido puede ser utilizado como fertilizante orgánico por la propia empresa o vendido a terceros. La mayor ventaja del compostaje en medio aeróbico es la producción de un producto estable, sin olores desagradables, sin atracción a las moscas, por lo que puede ser conservado, transportado y comercializado adecuadamente.

En condiciones de campo, las condiciones ambientales a manejar para optimizar el proceso son:

- a) un nivel de humedad (inferior al 35 a 40%)
- b) un tamaño uniforme de partícula, de textura friable, reducido en volumen y peso.

La mayoría de los agentes de descomposición son microorganismos como bacterias y hongos, los macroorganismos, tales como las lombrices, las termitas y otros insectos, ayudan también a desmenuzar los materiales orgánicos. La construcción de las composteras es de gran utilidad, ya que, allí se llevan los desechos sólidos y se les proporciona humedad con el efluente del biodigestor o con el estiércol fresco en caso de no haber construido este último.

7-2-5-7- ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANEJO DE COMPOSTERAS

El INTA recomienda a los productores de feedlots las siguientes pautas para la construcción y manejo de composteras:

- a) Formar camellones de 1 a 1,80 m de alto. La pila debe poder ser mezclada e invertida al menos cada 3 semanas. Esa inversión promueve la aireación y recuperación de condiciones aeróbicas. En presencia de oxígeno aumenta la temperatura y la deshidratación y reduce la emisión de olores.
- b) Para lograr una esterilización efectiva de patógenos es necesario lograr que la temperatura se eleve a por lo menos 55°C durante 3 días consecutivos o a 53°C por 5 días. Temperaturas de 60 a 70 °C serían ideales para eliminar la mayoría de la flora potencialmente patógena y las semillas de malezas. La temperatura debe ser monitoreada a aproximadamente 60 cm de profundidad en la pila para asegurarse que el efecto térmico sobre la flora patogénica es el deseable.
- c) La relación C:N que ofrece el estiércol (10 a 15:1) es baja para el ideal en compostaje (30:1), por lo que sería conveniente incorporar fuentes de carbono como rastrojos de cosecha u otros residuos con mucha fibra.

7-2-5-8- IMPACTO AMBIENTAL DERIVADO DEL COMPOSTAJE

Es preciso conocer y minimizar el impacto ambiental que genera el proceso de producción de compost, dado que pueden verificarse grados de contaminación a saber:

- Contaminación olfatoria
- Contaminación del agua (por aguas lixiviadas)

✓ Aire

- *Emisiones Olfatorias*

Se pueden distinguir dos tipos de emisiones en forma de gas que se producen durante el proceso de compostaje:

- a) Emisiones olfatorias biogénicas
Productos gaseiformes de la fermentación
Productos del metabolismo de la fermentación
Productos de la transición anaeróbico -aeróbico (no es técnicamente posible impedir la generación de esas emisiones)
- b) Emisiones olfatorias abiógenas
Productos de pirolisis, productos Maillard y productos de auto-oxidación. Los gases más importantes para el impacto olfatorio son limonen, pentan, campher, alcanes y pentilfuran.

Las emisiones olfatorias no son peligrosas, patógenas o contaminantes en la concentración emitida, que es muy baja, pero estos gases ya se perciben en concentraciones de pocas ppm. El impacto de estas emisiones es una molestia para la población de habitaciones vecinas.

- *Medidas para Limitar el Impacto de las Emisiones*

a) Selección del Lugar

Los parámetros más importantes para la selección del lugar donde se pueda acumular el estiércol y generar el compost son la distancia entre este lugar y las construcciones rurales más cercanas, y la dirección prioritaria del viento.

Se recomienda que la distancia a las habitaciones más cercanas sea más de 1 km, y más que 2.5 km en la dirección de viento prioritaria.

- *Tratamiento del Aire*

Normalmente no hay necesidad de tratamiento del aire, puede ser suficiente cubrir las pilas con compost o con pasto. Ese material absorbe las emisiones que difunden afuera durante el proceso de compostaje.

✓ **Aguas Lixiviadas**

Las aguas lixiviadas se producen especialmente durante las primeras semanas del compostaje (pre- fermentación y comienzo de la fermentación intensiva), debido al alto contenido de agua de los efluentes ganaderos. Para evitar la contaminación del suelo y, por consecuencia, de las aguas subterráneas, se recomienda seleccionar un terreno con suelo arcilloso para la zona de compostaje.

Para evitar la contaminación del suelo, es recomendable un tratamiento de las aguas lixiviadas. No se recomienda el reciclaje de las aguas lixiviadas para el riego del compost. Con estas aguas altamente contaminadas, se pone en peligro la higienización del material compostado.

Contaminante	Concentración (mg/l)	Contaminante	Concentración (mg/l)
DBO ₅	30 000 - 50 000	Cr ⁶⁺	4
CDO	60 000 - 120 000	Pb	1
TSS	7500 - 30 000	CN ⁻	1
NH ₄	400 - 1100	Cd	5
N total	500 - 2100	Fe	1
N orgánico	250 - 800	Cu	15
Grasa	250	Zn	2
P total	80 - 260		

Análisis de aguas lixiviadas generadas durante la primera semana de compostaje

Las aguas lixiviadas se pueden purificar con un tratamiento biológico. Si se dispone de un terreno bastante largo, lo más recomendable sería un tratamiento en laguna, ya que esto es lo más fácil y menos costoso. La laguna de tratamiento biológico tiene que ser muy superficial para evitar condiciones anaeróbicas y una putrefacción de las aguas lixiviadas. Una profundidad entre de 10 cm al máximo es ideal. Para lograr una buena purificación, las aguas deberían quedarse en la laguna por lo menos 30 días; lo ideal serían 50.

El área necesaria para la laguna de tratamiento por ejemplo, para una cantidad de 30t diarias, y se desea una purificación óptima, se necesitaría una piscina con una superficie de 2250 m² (por ejemplo: 45m x 50 m) para el tratamiento biológico en laguna.

Para optimizar la eficiencia del tratamiento en laguna, se puede hacer un tratamiento con plantas. El fondo de la piscina de laguna se debería cubrir con una mezcla de humus y arena (ambos 50 %) de espesor de 10 cm. El tratamiento de plantas se puede realizar con varias plantas que serían totora y otras plantas acuáticas, dependiente del clima y de la flora local. Se recomienda hacer experimentos con totora, carrizo, eucalipto o aliso

durante un año, supervisando el crecimiento de las plantas, su adaptación a las condiciones y el rendimiento del tratamiento.

7-2-6- ABONADO CON ESTIÉRCOL

El clima, la dieta, el tipo de instalaciones y la limpieza afectan la composición final de la excreta acumulada en los corrales. Debido a esta gran variabilidad en los contenidos, particularmente de nitrógeno, es conveniente producir información local para ajustar las estimaciones de las concentraciones de elementos en la excreta recientemente producida y la que se remueve periódicamente de los corrales. La primera permitirá conocer las diferencias que se pierden por volatilización, o disuelta en los efluentes líquidos vía lixiviación o movimiento superficial. La segunda calificará la composición de la excreta que se pretende introducir en un programa de uso.

Como regla general se sugiere disponer de 1 ha a fertilizar cada 20 a 25 animales en el feedlot. En áreas bajo riego, con cultivos de mayor intensidad, se utiliza una relación de 1 ha por cada 10 a 15 animales. Si se implementan algunas prácticas de manejo y manipulación de las dietas podrían reducirse las emisiones de nitrógeno en las excretas y consecuentemente podría incrementarse el número de animales por superficie a fertilizar.

Al igual que el planteo de uso de líquidos, los cultivos producidos en el área fertilizada deben ser cosechados y extraídos del predio. El pastoreo directo extrae a una tasa muy lenta, no compatible con un planteo de fertilizaciones recurrentes. Podría ser más seguro disponer de una superficie mayor y tener así mayor flexibilidad en la forma de cosecha del forraje. El monitoreo de los efectos de la aplicación sobre las propiedades del suelo y sobre la calidad de aguas es necesario para realizar ajustes en la tasa, forma y momento de aplicación de estos fertilizantes orgánicos.

Aplicaciones de 8 a 15 toneladas de excreta (en base seca) provee suficiente nitrógeno para la mayoría de los cultivos y retrasa o evita la salinización. Aplicaciones de 22 toneladas de excremento por hectárea, con 35 a 50% de humedad, proveen la base nutricional de maíz, sorgo o trigo bajo riego.

El cálculo de las aplicaciones depende de la demanda del cultivo y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. El exceso de estiércol resulta en lixiviación y movimiento superficial de nutrientes e incrementa el riesgo de salinización. Niveles de 70 a 100 toneladas por hectárea han permitido producciones sin limitantes nutricionales en varios cultivos de sorgo y maíz, pero cantidades superiores han deprimido los rendimientos, provocado salinización, daño a la producción y contaminación por lixiviación.

Los nutrientes estarán accesibles para los cultivos cuando la materia orgánica aplicada al suelo sea degradada y los nutrientes sean liberados en formas solubles. Este proceso no es instantáneo, solamente la mitad del nitrógeno aplicado estará disponible para el cultivo en el primer año. El remanente, de degradación más lenta, se va liberando en los años sucesivos por la acción microbiana. La eficiencia de captura del nitrógeno por la vegetación ocurrirá en los meses de crecimiento vegetativo de la planta,

poco ocurre durante meses fríos. Asimismo, el nitrógeno es el elemento de mayor movilidad, se volatiliza, lixivia o escurre y pierde en el agua de superficie si no se lo captura en biomasa vegetal. Es conveniente fertilizar en la línea de siembra de los cultivos para aumentar la eficiencia de captura y reducir las pérdidas por lixiviación.

En cuanto al potasio aportado, el abono de feedlot contiene nitrógeno y potasio en relaciones similares a las requeridas por la mayoría de las plantas, por lo que al fertilizar por requerimientos de nitrógeno con excreta bovina se fertiliza también con potasio en las proporciones deseables. Las altas cargas de potasio en el agua son raramente un problema en las áreas de riego por la alta capacidad de los suelos de retener potasio. Sin embargo, como para los otros nutrientes, el elemento debe integrarse a la solución acuosa del suelo para poder ser capturado por la matriz coloide y retenido.

El abono orgánico aporta también cantidades importantes de fósforo. Este elemento es el menos móvil, poco susceptible a la lixiviación pero puede incrementar su tasa de migración cuando el suelo excede las posibilidades de absorción y retención del nutriente. Las fertilizaciones recurrentes con excreta incrementan el nivel de fósforo del suelo. Existe riesgo de sobrecarga de fósforo, particularmente en suelos con limitada capacidad de retención hídrica. En esos casos podría ser conveniente fertilizar de acuerdo a la demanda de fósforo y complementar la posible carencia de nitrógeno con una fertilizante químico (Ej. urea). En esos mismos casos, las rotaciones con leguminosas permitirían también mejorar el balance del nitrógeno sin deteriorar el del fósforo. La fertilización distribuida en varias aplicaciones escalonadas favorece la respuesta, aumenta la eficiencia de captura de los nutrientes y reduce los riesgos de lixiviación y movimiento superficial por lluvias. La incorporación al suelo con una labranza superficial también mejora la eficiencia de uso de los nutrientes, en particular del nitrógeno por reducir su volatilización y acelerar la nitrificación. Dados los volúmenes de aplicación, deben tenerse en cuenta los posibles movimientos con precipitaciones y escorrentías en el potrero, pudiéndose generar sectores de déficit y otros de sobrecarga, siendo estos últimos también los topográficamente más bajos y de menor profundidad de suelo hasta el nivel freático.

Con la aplicación de abonos orgánicos la respuesta más rápida y visible es al nitrógeno, luego al fósforo y a los otros elementos que se aportan y pudieran estar en déficit en el suelo. Frecuentemente se menciona a las aplicaciones de abonos como correctores también de deficiencias de micro nutrientes y capacidad buffer. Las mejores respuestas a la fertilización orgánica se verifican en suelos de textura franca con bajos niveles de nitrógeno y fósforo. Aún en esas condiciones se recomienda fertilizar con el mínimo necesario para retardar el incremento excesivo de fósforo, e incluso pensar en el complemento con urea u otro oferente de nitrógeno solamente.

Existe un efecto postergado o residual de la aplicación de abonos orgánicos que debe ser tenida en cuenta en el ajuste de fertilidad en años sucesivos. El monitoreo de macronutrientes como azufre, magnesio, potasio y sodio es necesario para evitar excedentes perjudiciales. El aporte de micro-nutrientes en estas aplicaciones es menos relevante desde el riesgo de contaminación y bloqueo de otros elementos. Por otro lado, es factible que se pueda dar una mejora de la estructura edáfica (mayor capacidad de

retención de nutrientes y agua) debido a los aportes de estiércol al suelo, pero tal efecto no se detectará hasta pasados 4 o más ciclos o años.

Las pendientes del lote constituyen otro factor condicionante de la magnitud y frecuencia de las aplicaciones de abonos líquidos o sólidos. En lotes con pendientes mayores al 1,5% y que serán sujetos de fertilizaciones recurrentes con efluentes líquidos o estiércol, sería conveniente construir almacenamientos de tierra o bordes en los lados hacia donde la escorrentía superficial se dirige, si dicho escape pone en riesgo recursos hídricos u otra construcción próxima. Esa bordura servirá de almacenamiento temporal permitiendo que el agua encuentre una vía de salida planeada previamente. Franjas de vegetación natural o implantada que operen de barrera adicional ayudan también a retardar y disminuir el escurrimiento. Se debe evitar fertilizaciones con abonos orgánicos en áreas de pendiente con distancias menores de 100 m a cursos o fuentes de agua. Tampoco se debe aplicar efluentes líquidos o estiércol en áreas de alta recarga de acuíferos ni sobre suelos salinos.

Por último, se debe evitar lotes para fertilización con estiércol que se encuentren muy próximos a sectores poblados o de recreación. El estiércol recientemente distribuido genera olores que pueden resultar muy molestos a las personas si la incidencia por proximidad o magnitud es alta. Es importante tener en cuenta el sentido de los vientos predominantes y la época de fertilización. La incorporación inmediata en el suelo reduce el efecto. La homogeneidad de distribución es otro factor, amontonamientos de excrementos prolongan la producción de olores. Si se distribuyen líquidos, la aspersión realizada lo más próxima al suelo evitará la deriva con el viento y el transporte de olores a áreas vecinas.

CAPITULO 8: ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Las instalaciones no necesariamente tienen que ser costosas. Un fediot puede estar mejor equipado con instalaciones que sean prácticas y de bajo costo. Lo que deben estar bien diseñadas para que una vez que empiezan a funcionar no se puedan seleccionar o que sean caras de

ACTIVIDADES

		Costo unitario incluido en IVA	Costo total con IVA
		\$ 205,00	\$ 20.952,00
			\$ 575.000,00
			\$ 16.000,00
m ²		\$ 6.500,00	\$ 6.500,00
m ²		\$ 15,00	\$ 195.300,00
m ²	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
m ²	2500	\$ 290,00	\$ 725.500,00
m ²	400	\$ 33,00	\$ 13.200,00
m ²	2	\$ 1.000,00	\$ 16.000,00

CAPITULO 8

CAPITULO 8: ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Las instalaciones no necesariamente tienen que ser costosas. Un feedlot puede funcionar correctamente con instalaciones que sean prácticas y de bajo costo. Lo importante es que deben estar bien diseñadas para que una vez que empiezan a funcionar no aparezcan sorpresas que no se puedan solucionar o que sean caras de arreglar.

8-1- COSTO DE INSTALACION

Descripción de los trabajos	Unidad	Cantidad	Precio unitario sin IVA	Precio total sin IVA.
<u>Canales de drenaje</u> de 0,25 x 0,65 m de H° A° con rejillas confeccionada con marco perfil angulo y planchuela, resisten 20 a 30 tn	m ³	104	\$ 288,00	\$ 29.952,00
	ml	2300	\$ 250,00	\$ 575.000,00
<u>Sedimentador rectangular</u> de 9 x 3m x 1,5 m de profundidad, piso con pendiente 5%, de Hormigon pre-moldeado unido por medio de junat elástica, con piso de H° A°. Con cañería de entrada y salida de PVC φ 200 mm .	u	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
<u>Bomba estercolera</u> 15 HP envia el estiércol a 350m con cañería de 220mm	u	1	\$ 6.500,00	\$ 6.500,00
<u>Excavación</u> para la realización de lagunas y humedal, con deposito del material en el mismo terreno.	m ³	13100	\$ 15,00	\$ 196.500,00
<u>Tubería</u> caños de PVC φ 200 mm más accesorios	u	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
<u>Relleno</u> de arcilla en lagunas y humedal	m ³	2500	\$ 290,00	\$ 725.000,00
<u>Barrera de forestación</u> para poder cumplir con los objetivos deseados en cuanto a impacto visual y ambiental, se colocara una hilera de Leilandí y Pino Eliotis separados aprox. 1m de distancia	u	600	\$ 22,00	\$ 13.200,00
<u>Equipo de riego por aspersión</u> consta de 350m de tubería principal con acoples rápidos, 102 m de línea regadora	u	2	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00

con 10 aspersores lentos y 1 bomba centrifuga con motor trifásico de 10 m ³ /h de caudal. Superficie 13,5 ha				
Maquinaria				
Retro excavadora	u	1	\$ 557.550,00	\$ 557.550,00
Pala frontal	u	2	\$ 150.000,00	\$ 300.000,00
Bulldozer (topadora)	u	1	\$ 453.600,00	\$ 453.600,00
Rodillo pata de cabra	u	1	\$ 18.900,00	\$ 18.900,00
TOTAL				\$ 2.903.202,00

8-2- COSTO DE MANTENIMIENTO

Este rubro esta relacionado con la limpieza de todo el sistema de tratamiento, la verificación de su adecuado funcionamiento y la revisión o reparación de posibles daños el que será realizado por el personal de mantenimiento del lugar.

CONCLUSION

La producción animal de Argentina ha experimentado en la última década un cambio de técnicas y procesos de intensificación de sus sistemas de producción. Entre las técnicas de crianza de terneros a corral (Corralos) ha crecido notablemente en el país y particularmente en la región pampeana.

Este tipo de crianza presenta una serie de problemas que constituyen una problemática a superar para lograr un desarrollo sustentable.

El mayor problema es la contaminación ambiental y sanitaria para mantener un alto nivel de bienestar animal, debido a la gran concentración de animales en un espacio reducido.

El uso de agua superficial para la instalación de corrales, genera contaminación y del entorno inmediato, debido a la gran concentración de animales, a su vez, al estar instalados en zonas de alta productividad agrícola, la contaminación de las aguas superficiales puede afectar a la familia humana. La contaminación de recursos hídricos depende de la política ambiental.

En la mayoría de los corrales se utilizan materiales con puntos críticos de contaminación, como los comederos, en función de su diseño, uso, mantenimiento ambiental y social. Se requiere un estudio de evaluación previa de los materiales para determinar el grado de cumplimiento de los estándares de vulnerabilidad de los recursos hídricos.

En Argentina, la contaminación de los recursos hídricos por la instalación de corrales, en los proyectos iniciados, en el gran número, no ha tenido un control adecuado de los aspectos ambientales y sociales que son directamente asociados a la calidad del producto final de la crianza o producción.

Para poder mejorar la crianza, es necesario identificar los tipos de agua para determinar o reducir los riesgos. En los aspectos prácticos, las conclusiones de este trabajo se lo refieren a adoptar medidas de transformación de aguas en el ámbito de la región pampeana, son:

- ✓ Para el diseño de los sistemas de crianza, características hidrológicas y topográficas, así como también, la textura del suelo, forma directa en el canal y en el diseño de la instalación y manejo de estos sistemas bajo un perfil ambientalmente saludable.

CONCLUSION

La producción animal de Argentina ha transitado en la última década un camino de transformaciones y procesos de intensificación de sus sistemas de producción. Entre otros, la alimentación intensiva de bovinos a corral (feedlots) ha crecido instalándose en varias regiones del país y particularmente en la región pampeana.

Con estos cambios percibidos, se genera en constante aumento una problemática a superar que es el manejo de los efluentes ganaderos.

El manejo de los efluentes ganaderos es una actividad de alta significancia para minimizar el impacto ambiental y los problemas sanitarios, debido a la gran concentración de materia orgánica que se genera en espacios reducidos.

Como pudimos ver en el presente trabajo los requisitos para la instalación de feedlots se establecen en función de los requerimientos del propio sistema y del entorno o ambiente. Los primeros apuntan a producir, eficiente y consistentemente, un producto sanitariamente seguro y de la calidad deseada por el mercado. Los segundos, a atender las demandas del entorno para evitar la degradación ambiental por contaminación de suelos, agua y aire con agentes tóxicos y patógenos, y por erosión de suelos o de la riqueza paisajística. La rigurosidad con respecto a este segundo grupo de requisitos depende de la política ambiental de cada país.

En la mayoría de los países productores de cría intensiva existen normativas estatales con pautas y requisitos para el diseño y la aprobación de la instalación de feedlots en función de la escala productiva, las características del sitio y del entorno ambiental y social, con lo cual para el inicio de la actividad se requiere de una evaluación previa con aprobación técnica por parte de agencias oficiales pertinentes. El grado de complejidad de las presentaciones está ligado a la escala productiva y la vulnerabilidad del sitio.

En Argentina, la legislación de las provincias es inexistente o escasa con respecto a la instalación de feedlots por lo que los proyectos iniciados, en su gran mayoría, no han tenido en cuenta aspectos ambientales o sociales más que los directamente asociados a la calidad del producto o a la eficiencia de producción.

Para poder resolver esta situación, es necesario identificar las áreas de riesgo para controlar o reducir sus efectos. En los aspectos prácticos, las conclusiones de este trabajo en lo referente a adoptar manejos de tratamientos de efluentes en el ámbito de la región pampeana, son:

- ✓ Para el diseño de los sistemas de tratamiento es imprescindible conocer las características hidrológicas y topográficas, así como también, la textura del suelo, las pendientes y la profundidad de la napa freática de la zona, ya que esto incide de forma directa en el caudal y en el diseño de la instalación y manejo de estos sistemas bajo un perfil ambientalmente saludable.

- ✓ Para el tratamiento de residuos agrícolas ganadero el uso de sistemas anaerobios son los procesos unitarios que más han contribuido a la reducción de la contaminación.
- ✓ La construcción de un sistema de tratamiento de efluentes permite tener un adecuado almacenamiento de estos, evita posibles multas por contaminación de cursos superficiales y subterráneos, mejora la imagen como empresa y permite disminuir la contaminación tanto de suelos y aire.
- ✓ Los tratamientos aplicables al efluente generado, corresponden a los anaeróbicos, debido a que los mismos presentan altas concentraciones de DBO y Sólidos totales.
- ✓ Los efluentes ganaderos pueden ser reutilizados, dejando de ser un residuo para convertirse en un recurso, en este objetivo surge el compostaje como metodología que balancea cualitativamente y cuantitativamente la carga nutricional del estiércol crudo, y constituyen enmiendas orgánicas que mejoran la productividad de los campos tratados.

GLOSARIO

Asesoramiento Técnico - Descarga en caso del AII del agua residual por la falta de dióxido de cloro producido desde la amoníaco.

Asesoramiento - Elementos accesorios que no representan oxígeno (O₂) pero que ayudan a la oxidación de los nutrientes.

Asociación - Unión de organismos que viven en simbiosis. Ejemplo: *Microsporidiosis* avianes. *Asociación* - Unión de organismos que viven en simbiosis. Ejemplo: *Microsporidiosis* avianes. *Asociación* - Unión de organismos que viven en simbiosis. Ejemplo: *Microsporidiosis* avianes.

Asociación - Unión de organismos que viven en simbiosis. Ejemplo: *Microsporidiosis* avianes. *Asociación* - Unión de organismos que viven en simbiosis. Ejemplo: *Microsporidiosis* avianes. *Asociación* - Unión de organismos que viven en simbiosis. Ejemplo: *Microsporidiosis* avianes.

BOQ - La demanda biológica de oxígeno (BOQ) es un indicador de la cantidad de oxígeno consumida a medida que se descomponen los residuos orgánicos. Se utiliza para determinar el tiempo de retención de los residuos orgánicos en el sistema de tratamiento. El BOQ se mide en mg/l y se relaciona con el tiempo de retención (BOQ) y el tiempo de retención (BOQ).

Calidad - Relación entre el tiempo de retención de los nutrientes en la agricultura, la calidad de los nutrientes en los sistemas biológicos y químicos, el tiempo de retención de los nutrientes en los sistemas biológicos y químicos, el tiempo de retención de los nutrientes en los sistemas biológicos y químicos.

Capacidad - Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho.

Capacidad - Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho. Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho.

Capacidad - Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho. Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho.

Capacidad - Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho. Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho. Capacidad de un sistema de tratamiento sobre la superficie de su lecho.

ANEXO

GLOSARIO

Acidificación: Descenso en curso del pH del agua causado por la toma de dióxido de carbono antropogénico desde la atmósfera.

Anaerobios: Se llama **anaerobios** a los organismos que no necesitan oxígeno (O₂) para desarrollarse, a diferencia de los organismos aerobios.

Avermectina: Son lactonas monocíclicas producidas por el *Streptomyces avermitilis*. Como fármaco antihelmíntico ha sido ampliamente empleada en medicina veterinaria. Se absorbe bien por vía oral. Es metabolizada ampliamente y su semivida es de unas 12 horas; apenas es excretada por orina. Se lo considera un fármaco semisintético con propiedades antiparasitarias.

Biodigestor: Es un sistema natural que aprovecha la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de las bacterias que ya habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante. El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, o iluminación, y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un motor que genere electricidad.

DBO: La demanda biológica de oxígeno, también denominada demanda bioquímica de oxígeno, (DBO) es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. Normalmente se mide transcurridos 5 días (DBO₅) y se expresa en mg O₂/litro.

Edáfica: Relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a la vida de las plantas: en la agricultura los recursos son tan variados como las condiciones bioclimáticas y edáficas; el estrato edáfico está formado por el suelo y todos los organismos que en él se encuentran.

Escorrentía: Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

Facultativa: Las lagunas facultativas permiten la estabilización de la materia orgánica mediante una acción conjunta de bacterias facultativas, anaerobias y aerobias. Sedimentan sólidos en fondo.

Lixiviación: Es el proceso de lavado del suelo por la filtración del agua.

Lixiviado: Es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. El lixiviado es anóxico, ácido, rico en ácidos orgánicos, iones sulfato y con altas concentraciones de iones metálicos comunes,

especialmente hierro. El lixiviado tiene un olor bien característico, difícil de ser confundido y olvidado. Los peligros de los lixiviados, son debidos a altas concentraciones de contaminantes orgánicos y nitrógeno amoniacal.

Lipofilicos: Que se puede disolver en grasas.

NTK: El parámetro NTK (Nitrógeno total Kjeldahl) denota los compuestos nitrogenados, excepto nitritos y nitratos. Esta composición es determinante para su tratamiento, que consiste en la eliminación de los sólidos suspendidos y de las grasas mediante el tratamiento primario, seguida de la eliminación de la materia orgánica disuelta mediante un tratamiento biológico en el tratamiento secundario.

Tanque séptico: Este separa la parte sólida de las aguas servidas por un proceso de sedimentación simple; además se realiza en su interior lo que se conoce como proceso séptico, que es la estabilización de la materia orgánica por acción de las bacterias anaerobias, convirtiéndola entonces en lodo inofensivo.

Urea: Es un compuesto químico cristalino e incoloro, de fórmula $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Se encuentra abundantemente en la orina y en la materia fecal. Es el principal producto terminal del metabolismo de proteínas en los mamíferos. El nitrógeno de la urea, que constituye la mayor parte del nitrógeno de la orina, procede de la descomposición de las células del cuerpo pero, sobre todo, de las proteínas de los alimentos.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ "MANUAL DE CONSULTA PARA FEEDLOT"
- ✓ "SISTEMAS PRACTICOS EN FEEDLOT"
- ✓ "INGENIERIA AMBIENTAL"
- ✓ "INGENIERIA AMBIENTAL"
- ✓ "INGENIERIA AMBIENTAL"
- ✓ "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS UNIDADES DE ESTABILIZACION"
- ✓ "CAMARA ARGENTINA DE FEEDLOT"
- ✓ "INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA Y CALIDAD"
- ✓ "INSTITUTO NACIONAL DE FUERZAS ARMADAS MILITAR"
- ✓ "INSTRUCIONES"
- ✓ "INGENIERIA AMBIENTAL"
- ✓ "AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL"
- ✓ "DATOS SUMINISTRADOS POR LA COMUNA DE TROBESINA Y FEEDLOT LAS PAMPAS"

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ✓ “MANUAL DE CONSULTA PARA FEEDLOT”
Ing, Vernet
- ✓ “GUIA DE BUENAS PRACTICAS EN FEEDLOT”
Pordomingo
- ✓ “INSTALACIONES AGRICOLAS”
Martínez Pérez
- ✓ “INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES”
Metcalf y Eddy
- ✓ “INGENIERIA AMBIENTAL”
Glym Henry, Escalona y García
- ✓ “TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE ESTABILIZACION”
Romero Rojas
- ✓ “CAMARA ARGENTINA DE FEEDLOT”
www.feedlot.com.ar
- ✓ “INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA”
INTA Venado Tuerto – www.inta.gov.ar
- ✓ “INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR”
Carta Topográfica – www.igm.cl
- ✓ “ESTRUCPLAN”
Lagunas – Humedales – www.estrucplan.com.ar
- ✓ “INGENIERA AMBIENTAL”
Tratamiento de efluentes – www.ingenieroambiental.com
- ✓ “AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL – EEUU”
Protección del medio ambiente – www.epa.gov/espanol
- ✓ “DATOS SUMINISTRADOS POR LA COMUNA DE TEODELINA Y FEEDLOT LAS PAMPAS”