



Ing. Miguel De La Cruz Silvera

Ingeniero Civil

Certificado de Idoneidad Profesional No. 95-006-054



Ingeniería de Estructuras, Aguas, Suelos y Ambiente
Teléfonos: (507) 391-9379, 391-9354, Móvil: (507) 6670-3409
info@mds-ideasa.com <http://www.mds-ideasa.com>

MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO PRELIMINAR

PROYECTO No. 1024-02

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA GRANJA DE PRODUCCIÓN PORCINA – REUBICACIÓN DE GALERAS DE REPRODUCCIÓN PARA CUMPLIMIENTO DEL PAMA DE LA EMPRESA INAVASA

**INFORME PRESENTADO A
INVERSIONES AGROPECUARIAS AVÍCOLAS, S. A.**

PRESENTADO POR



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA.
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

23 DE OCTUBRE DE 2024

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA GRANJA DE
PRODUCCIÓN PORCINA – REUBICACIÓN DE GALERAS DE REPRODUCCIÓN
PARA CUMPLIMIENTO DEL PAMA DE LA EMPRESA INAVASA**

TABLA DE CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	1
2.	DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIOS.....	2
2.1.	DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA EXPLOTACIÓN PORCINA.....	2
2.2.	DEFINICIÓN DE CAUDALES	3
2.3.	CALIDAD DEL INFLUENTE AL SISTEMA	5
2.4.	DIMENSIONAMIENTO DE FASE DE PRETRATAMIENTO	6
2.4.1.	TAMIZADO O CRIBADO INICIAL	6
2.4.2.	HOMOGENEIZACIÓN DE TEMPERATURA	8
2.4.3.	ESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE GRASAS Y ESPUMAS	9
2.5.	DIMENSIONAMIENTO DE LA FASE DE TRATAMIENTO PRIMARIO	9
2.5.1.	UNIDAD DE PRETRATAMIENTO FÍSICO QUÍMICO PARA REDUCCIÓN DE DBO Y DQO	10
2.6.	ANÁLISIS INTERMEDIO DE REQUERIMIENTOS DE TRATAMIENTO	13
2.7.	LAGUNAS DE OXIDACIÓN.....	15
2.8.	UNIDADES COMPLEMENTARIAS DE TRATAMIENTO	15
2.8.1.	UNIDAD DE DESINFECCIÓN	16
2.8.2.	MANEJO DE SUBPRODUCTOS	16
3.	CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS DE DISEÑO	16
4.	CONSIDERACIONES CUANTITATIVAS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS ...	17
4.1.	SISTEMA DE TRATAMIENTO PRELIMINAR	18
4.1.1.	UNIDAD DE HOMOGENEIZACIÓN TÉRMICA	18

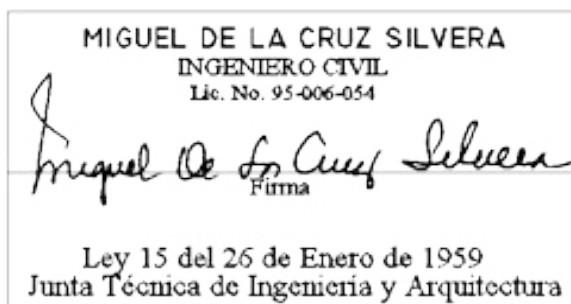
MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Miguel De La Cruz Silvera
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

4.1.2. UNIDAD DE CRIBADO ROTATORIO	19
4.1.3. UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE GRASAS Y ACEITES	20
4.1.4. UNIDAD DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAUDALES.....	20
4.2. SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO	21
4.2.1. UNIDAD DE REACCIÓN FÍSICO-QUÍMICA	21
4.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO	23
4.4. UNIDAD DE DESINFECCIÓN FINAL.....	23
4.5. SISTEMA DE MANEJO DE SUBPRODUCTOS.....	24
4.5.1. UNIDAD PARA ALMACENAMIENTO DE LODO ACUOSO.....	24
4.5.2. UNIDAD DESHIDRATADORA DE LODOS	24
5. CONSIDERACIONES FINALES	25



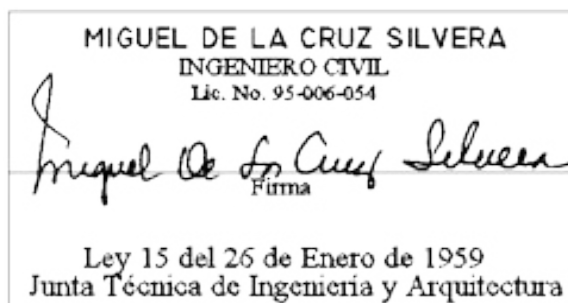
ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA GRANJA DE
PRODUCCIÓN PORCINA – REUBICACIÓN DE GALERAS DE REPRODUCCIÓN
PARA CUMPLIMIENTO DEL PAMA DE LA EMPRESA INAVASA**

1. ANTECEDENTES

El contenido de este documento es para uso de la empresa Inversiones Avícolas Agropecuarias, S. A. (INAVASA) en la fase inicial de la tramitación de licencia ambiental para el diseño (aprobación de planos de construcción), ejecución del proyecto, operación y funcionamiento del objeto del proyecto (Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales) del proyecto **REUBICACIÓN DE GALERAS DE REPRODUCCIÓN PARA CUMPLIMIENTO DEL PAMA DE LA EMPRESA INAVASA**. Además, tiene como finalidad la presentación de un documento de responsabilidad del diseñador que reposará en los archivos de la empresa como referencia y consulta en las fases futuras del proyecto.

El proceso planteado, está condicionado a la población de animales en diferentes estadios de desarrollo, el volumen de aguas residuales que la explotación aporta y en la carga orgánica estimada en dicho aporte. En esta fase se definen los procesos y operaciones unitarias, su dimensionamiento y características técnicas para sentar las bases del diseño detallado del sistema. Aunque se describe todo el proceso, hay etapas y unidades de procesos que requieren mayor detalle, los cuales serán descritos cualitativamente y dimensionados apropiadamente, pero con la salvedad que se requiere un mayor análisis y diferenciación del diseño durante la fase de detalle de ingeniería.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

La base del diseño conceptual está centrada en el cumplimiento de los parámetros del **Reglamento Técnico COPANIT-DGNTI-35-2019**, para la actividad codificada bajo los términos de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme como CIU-0145 Cría de Cerdos/puercos y su referencia de parámetros de calidad de agua esenciales.

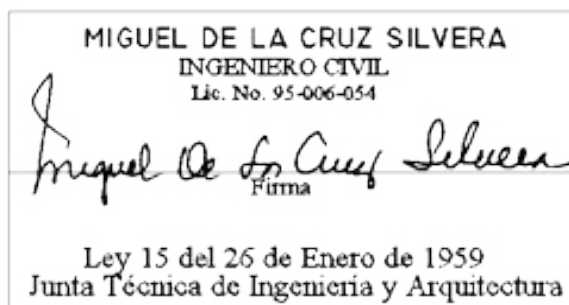
2. DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIOS

Partiendo de una caracterización teórica del influente al sistema se puede definir la eficiencia requerida del sistema de tratamiento. Esto es, se requiere que la concentración de entrada al sistema sea ajustada a través de los procesos y operaciones unitarias hasta los valores máximos permisibles por la norma de referencia para descargas a cuerpos de agua. El diseño conceptual surge de un análisis de eficiencia en la remoción de nutrientes, partículas, materia orgánica e inorgánica presente en el agua residual que ingresa al sistema. El sistema de tratamiento consiste en una línea de procesos de varias etapas y procesos unitarios organizados en serie y paralelo de acuerdo a la necesidad de remoción.

Dado que la naturaleza de la explotación es intensiva donde los animales permanecen en confinamiento, el sistema de producción permite el manejo de aguas residuales en forma cerrada hasta su descarga.

2.1. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA EXPLOTACIÓN PORCINA

La explotación porcina y sus obras relacionadas proyectadas consisten en la construcción de dos (2) Galeras de Gestación, Cinco (5) Galeras de Maternidad, con capacidad para un hato reproductivo nominal de **1000 animales en producción** con alta calidad genética PIC, que cumpla con todos los estándares y requerimientos de producción, de los cuales **976 son hembras y 24 machos**. El complejo porcino



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

contará con galeras para cerdas en **gestación, maternidad y aclimatación para cerdas primerizas**.

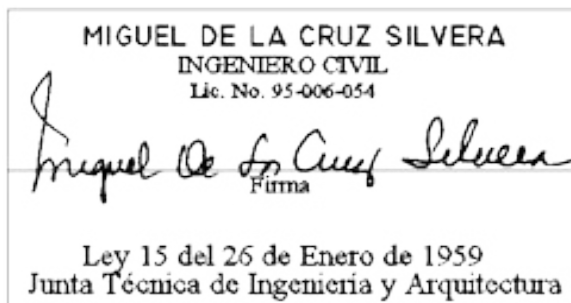
El Sistema de Producción Porcina del Proyecto a desarrollar se divide en dos, como se describe a continuación:

- **Área de Gestación.** Se construirán dos (2) galeras de Gestación, de 372 jaulas cada una, para el alojamiento de **744 cerdas adultas**.
- **Área de Maternidad.** Se construirán cinco (5) galeras de maternidad para el alojamiento de **144 cerdas preñadas y sus lechones luego del parto**.
- **Área de Adaptación:** Destinada para **Cerdas primerizas**, la cual contará con seis (6) corrales con capacidad de 16 cerdas por corral, para albergar una población de **96 cerdas primerizas**.

2.2. DEFINICIÓN DE CAUDALES

Se plantea un sistema confinado o cerrado en el que las aguas residuales y/o purín no entra en contacto con el exterior del proceso hasta su descarga. Es requisito ineludible del diseño que los animales permanecen sobre pisos enrejillados que son lavados diariamente donde los residuos generados pasan a formar una suspensión acuosa denominada **efluente o purín** que, **contiene las excretas (orina y heces) de los animales tanto líquidas como sólidas, el agua del lavado y alimento y agua de bebida desperdiciados**.

Con referencia a datos suministrados por Committe of National Pork Producers Council (Brasil, 2004) se toman los siguientes valores de referencia unitaria para el cálculo de volúmenes y caudales.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 1
Contribución Media diaria de Excretas e Influentes Líquidos por animal por Fases de Desarrollo,

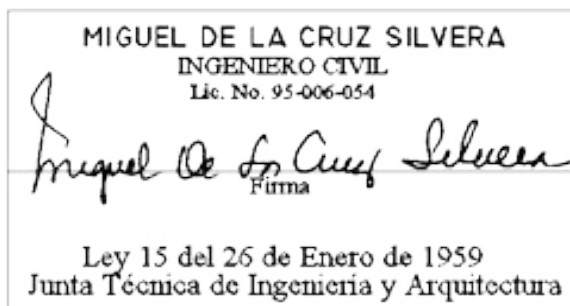
Fase de Desarrollo	Estiércol (Kg/d)	Estiércol + Orina (Kg/d)	Influente Líquido (l/d)
Cerdas en Gestación	3.60	11.00	16.00
Cerdas en Lactancia	6.40	18.00	27.00
Lechones Destetados	0.35	0.95	1.40
Cerdos en Crecimiento (25-100 Kg)	2.30	4.90	7.00
Machos Padrotes	3.00	6.00	9.00

Fuente:

Committee of National Pork Producers Council (Brasil, 2004)

Dado que el proyecto está circunscrito al proceso de reproducción, se excluye del cálculo el renglón de Cerdos en Crecimiento como referencia para el cálculo del volumen de efluentes líquidos y demás cargas indicadas en la tabla.

La tabla siguiente muestra los valores ponderados del aporte basado en la población de animales proyectados en la explotación.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 2
Contribución Media diaria de Excretas e Influentes Líquidos de la
Explotación Porcina, INAVASA

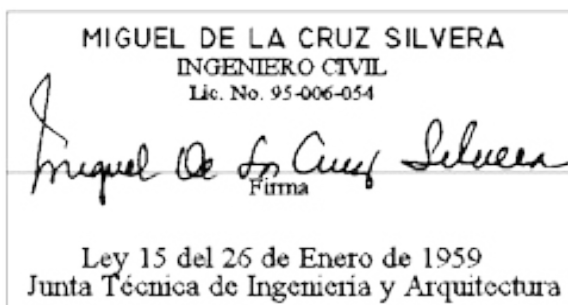
Fase de Desarrollo	Número de Animales	Estiércol (Kg/d)	Estiércol + Orina (Kg/d)	Influente Líquido (l/d)
Cerdas en Gestación	744	2,678	8,184	11,904
Cerdas en Lactancia	144	922	2,592	3,888
Cerdas en Adaptación	96	615	1,728	2,592
Machos Padrotes	24	72	144	216
Total	1,008	4,287	12,648	18,600

2.3. CALIDAD DEL INFLUENTE AL SISTEMA

Las excretas porcinas están conformadas por un 45% de orina y un 55% de heces, la humedad es del 90% y el contenido de materia seca es del 10% aproximadamente. La densidad de la misma es cercana a 1, siendo un fluido de peso comparable con el agua. Posee sólidos que flotan, algunos que sedimentan y otros que se mantienen en suspensión (Gallo, 2016).

El purín, tiene algunas características potencialmente contaminantes a considerar:

- Contenido de materia orgánica.
- Contenido de macronutrientes, (N, P, K)
- Contenido de micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn).
- Emisiones gaseosas de amoníaco, metano y óxido nitroso.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

También, en ocasiones se ha detectado presencia de metales pesados como el cobre y también, pesticidas. En el caso en estudio, la alta genética de la explotación excluye bajo toda circunstancia el uso de productos con contenidos relacionados o que por síntesis produzcan subproductos relacionados.

Se estima una calidad de agua de influente al sistema con los siguientes parámetros y concentraciones:

Tabla No. 3
Parámetros de calidad de agua de excretas de cerdo

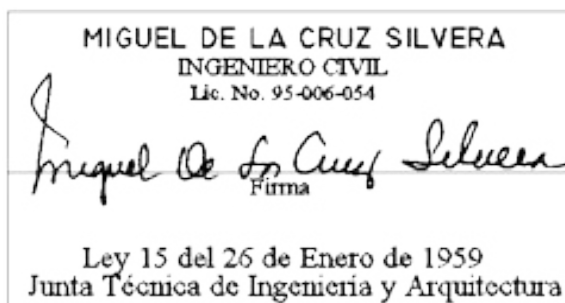
Parámetro	Unidades	Purín sin diluir
Sólidos totales (ST)	%	6.5
Sólidos volátiles (SV)	%	4.9
DQO	mg/l	≥ 12,000
Nitrógeno orgánico	mg/l	1,800
Nitrógeno amoniacal	mg/l	3,400
Fósforo	mg/l	2,300
Biogás	m ³ /t SV	340-650

Fuente: Guía para el Tratamiento de Aguas Residuales Porcinas (IMTA, 2021)

2.4. DIMENSIONAMIENTO DE FASE DE PRETRATAMIENTO

2.4.1. TAMIZADO O CRIBADO INICIAL

El pretratamiento por definición es el conjunto de unidades que tienen como finalidad eliminar materiales gruesos, granular o sólido extraíble mediante cribado, colado o sedimentación rápida, que podrían perjudicar los siguientes procesos del sistema, en este caso, los residuos de alimentos y las heces que llegan al sistema

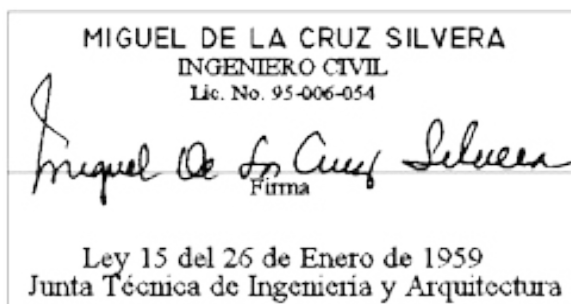


ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

en la proporción indicada en la Tabla No. 1. Se propone la instalación de una criba de cascada (ver figura No. 1) con capacidad de un mínimo de 20 m³/día. Es de carácter auto limpiante y permite la recuperación de la cerdaza y demás materia sólida para otros usos industriales. Los sólidos son extraídos del sistema mediante tornillo sinfín automático.

Los elementos a retener son residuos de heces y alimento granulado sólidos con diámetros mayores de 0.86 mm y cualquier otro elemento extraño que pueda ser retenido en la rejilla mediante un proceso de tamizado.

En esta fase, se prevé la reducción de Sólidos Totales en este proceso hasta partículas menores a 1 mm de diámetro. Esta reducción representa una reducción en la **carga de SST de al menos 5 a 20%**, y una **reducción de DBO5 y DQO de 5 a 10%**.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com



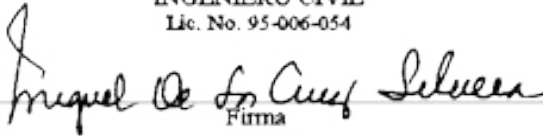
Figura No. 1: Criba estática con extracción automática de sólidos por cascada (Foto ilustrativa de producto Hydroyec®)

2.4.2. HOMOGENEIZACIÓN DE TEMPERATURA

Se requiere que los procesos siguientes no sufran estrés térmico por variaciones bruscas de temperatura durante la producción. En el caso de las aguas de lavado, estas provocan una bajada brusca de temperatura, habiéndose iniciado procesos de descomposición, fermentación y otros procesos de cambios químicos y biológicos exotérmicos. Se propone una cámara de homogeneización térmica con un volumen equivalente al 10% del caudal diario de aguas residuales de la producción.

El tiempo de retención hidráulico de la cámara propuesta es de:

$$TRH = 0.10 \cdot (18.6 \text{ m}^3) / 18.6 \text{ m}^3/\text{día} = 0.10 \text{ día}$$

MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Firma
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

TRH = 2.4 horas

Consiste en una cámara de concreto impermeable para recibir el flujo proveniente de la zona de producción y estabilizar la temperatura para las etapas subsiguientes. El TRH para esta unidad se considera razonable cuando está en el rango de **2 a 4 horas**. Esta cámara requiere diseño hidráulico y estructural para mantener el **flujo de pistón**.

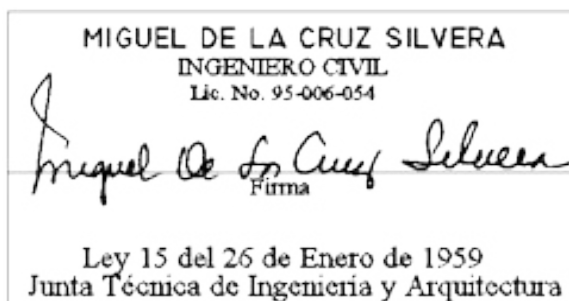
Como medida complementaria, se evita la emulsificación de los componentes grasos y demás sustancias lipídicas del agua residual por lo que puede combinarse con un extractor por flotación previa a la siguiente etapa del proceso. También, permite amortiguar los caudales pico generados en diferentes jornadas del día.

2.4.3. ESTRUCTURA DE EXTRACCIÓN DE GRASAS Y ESPUMAS

Forma parte integral del tanque de homogeneización de temperatura mediante desviación de las espumas y grasas flotantes hacia área de desecho y recolección mientras que el efluente continúa hacia el siguiente proceso. La estructura de extracción de materia flotante requiere de diseño hidráulico detallado. Se espera una extracción asociada al DQO y DBO mas no se cuantifica la cantidad de grasa en la estructura debido a que depende del diseño hidráulico del caudal de referencia manejable en el proceso.

2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA FASE DE TRATAMIENTO PRIMARIO

En esta fase se trata el agua con el fin de reducir a cantidades razonables para el buen funcionamiento del sistema de lagunas. Se proponen procesos físico-químicos rápidos en unidades modulares prefabricadas de coagulación,

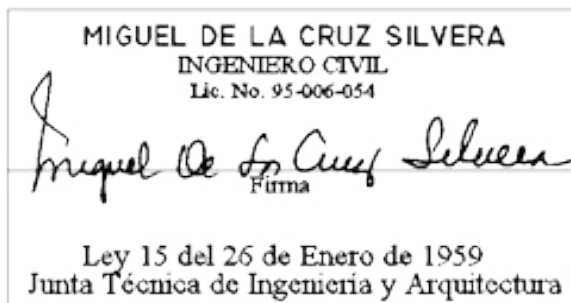


ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

floculación y sedimentación rápida para la optimización del espacio principalmente.

2.5.1. UNIDAD DE PRETRATAMIENTO FÍSICO QUÍMICO PARA REDUCCIÓN DE DBO Y DQO

Se incorpora al proceso una unidad de fabricación configurada en forma de tolva con sedimentadores interiores rápidos, construida en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o acero que cuenta con un volumen útil de al menos 5 m³ y caudal máximo con pico de operación de 1 m³/h (Véase Tabla No. 1) y carga superficial de 4-6 m³/m²/h. En este proceso el agua de la etapa anterior proveniente del sistema preliminar es sometida a un tratamiento fisicoquímico, mediante la adición de coagulante y floculante para eliminación rápida de materia orgánica en suspensión. Finalmente, los lodos acuosos generados son evacuados hacia una cama espesadora y el efluente clarificado es conducido hacia la siguiente etapa previa a las lagunas de oxidación.

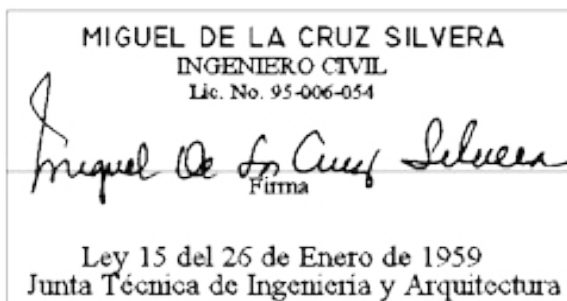


ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com



Figura No. 2: Unidad de Pretratamiento Físico-Químico por coagulación y floculación rápida (Foto ilustrativa de LAMELLA®)

Con este tipo de unidad se espera una reducción en los parámetros indicados en la siguiente tabla, considerando la contribución en la eliminación producto del pretratamiento:



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVEIRA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 4
Porcentaje de Eliminación de Cargas en
la Fase de Tratamiento Primario
(Propuesta INAVASA)

Parámetro	Porcentaje de Eliminación (%)
DBO5	60
SST	90
Grasas y Aceites	90
DQO	60
Nitrógeno Total	50
Fosforo Total	70

Fuente: Fair, Geyer y Okun; Purificación de Aguas, Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales (LIMUSA, 1979)

Dado que el proyecto no está en operación, se tomará como base de cálculo una caracterización típica de granjas de cerdos para estimar la eliminación de cargas en la Fase Preliminar y Primaria.

MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Miguel De La Cruz Silvera
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 5
Porcentaje de Eliminación de Cargas en
la Fase de Tratamiento Primario
(Propuesta INAVASA)

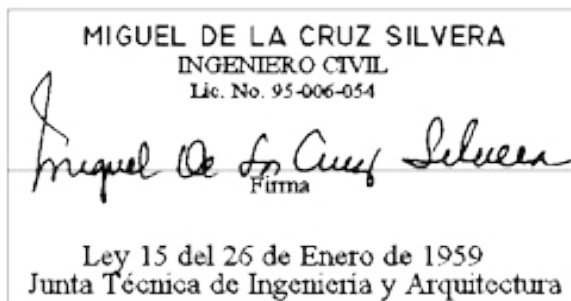
Parámetro	Carga Inicial (mg/l)	Carga Final (mg/l)
DBO₅	996	399
SST	942	94.2
Grasas y Aceites	90	-
DQO	3478	1392
Nitrógeno Total	524	262
Fosforo Total	27.4	8

Fuente: Guía para el Tratamiento de Aguas Residuales Porcinas
(IMTA, 2021)

2.6. ANALISIS INTERMEDIO DE REQUERIMIENTOS DE TRATAMIENTO

Bajo los términos del tratamiento primario, aún persiste el requerimiento de tratamiento adicional de siguiente nivel (secundario) donde intervienen otros procesos de eliminación de carga orgánica y química.

- **DBO:** La norma indica 50 mg/l como máximo permisible en la descarga al cuerpo de agua. Implica un requerimiento de tratamiento biológico intensivo y agresivo para disminuir en al menos 8 veces el valor tipo analizado. Se propone la incorporación de una unidad biológica ventilada mecánicamente o una laguna anaerobia con TRH cercano a los 10 días para obtener remociones de 60% de la



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

carga entrante como mínimo. En este caso, bajo los términos de una eficiencia de 60% en disposición de 3 lagunas en serie, pudiera eliminarse hasta el 94% de la carga orgánica de DBO. Cabe dimensionar hidráulicamente el sistema de lagunas, siempre y cuando, dos de las mismas sean profundizadas hasta un mínimo de 3.00 m y un máximo de 5.00 (en el diseño arquitectónico del sistema) para lograr el funcionamiento anaerobio en la parte más baja de la napa de agua.

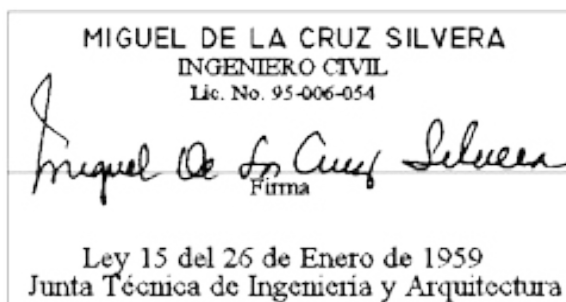
$$\text{TRH} = 10 \text{ días}$$

$$V = \text{TRH} \times 18 \text{ m}^3/\text{día} = 180 \text{ m}^3$$

La propuesta actual cuenta con las siguientes características, pero con aumento de profundidad, se establece un TRH mayor, por tanto, mayor seguridad en el tratamiento, sin aumento de la eficiencia.:

$$V = 40 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 2.50 \text{ m} = 2,000 \text{ m}^3, \text{ resultando aptas para suplir la eliminación de DBO requerida.}$$

- DQO: La norma indica 100 mg/l como máximo permisible en la descarga. Implica un requerimiento de tratamiento secundario-terciario para reducción de al menos 14 veces la carga presente. Bajo el mismo criterio, la reducción de la carga orgánica está en el orden de 85 mg/l luego del proceso de tratamiento a base de lagunas según lo indicado en el punto anterior.
- Nitrógeno Amoniacal: La norma indica 3 mg/l como máximo permisible. Aunque el Nitrógeno total es indicador de las demás modalidades de nitrógeno, implica la eliminación y reacción del Nitrógeno Total mediante tratamiento terciario de eliminación de nutrientes. Implica la incorporación de una unidad de proceso biológico de nitrificación, para la transformación del nitrógeno amoniacal a través



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

de bacterias autótrofas a nitrato en presencia de oxígeno mediante laguna aerobia. Implica, la transformación de una de las lagunas a proceso aerobio.

- **Fósforo Total:** Se prevé que el tratamiento primario se ocupe de la eliminación del fósforo a niveles inferiores a 10 mg/l. De todas formas, dado el requerimiento de tratamiento de eliminación de nutrientes con bacterias en presencia de oxígeno, se induce la eliminación por oxidación del fosforo.

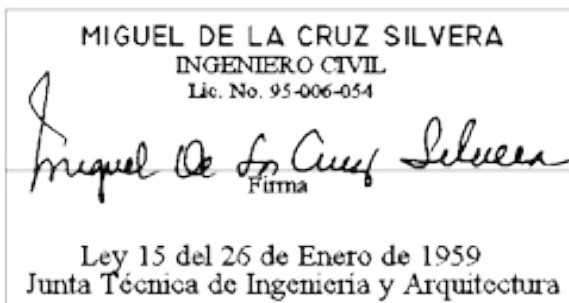
2.7. LAGUNAS DE OXIDACIÓN

Se proponen dos lagunas de oxidación anaerobias con profundidad de 3.00 m a 5.00 mts. y reciben altas cargas orgánicas volumétricas que producen condiciones anaerobias estrictas (oxígeno disuelto ausente) en todo el volumen de la laguna. En general, las lagunas anaerobias funcionan como tanques sépticos abiertos y trabajan muy bien en climas calientes. Una sola, con TRH mayor a 1 día, es suficiente para aguas residuales con una DBO₅ de hasta 300 mg/l y temperaturas superiores a 20°C. En serie, dos lagunas anaerobias pueden tratar los 399 mg/l estimados de carga entrante.

Para la eliminación del Nitrógeno, es necesaria la conversión del diseño de una de las lagunas, preferiblemente la final, a oxidación aerobia. En este caso, se requiere de la incorporación de ventilación mecánica para garantizar el proceso. Las lagunas de oxidación aerobias o aireadas reciben el oxígeno de los sistemas de aire mecánico o difusores.

2.8. UNIDADES COMPLEMENTARIAS DE TRATAMIENTO

Fuera del sistema de lagunaje se proponen otras unidades complementarias para complementar la eliminación de la materia orgánica:



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

2.8.1. UNIDAD DE DESINFECCIÓN

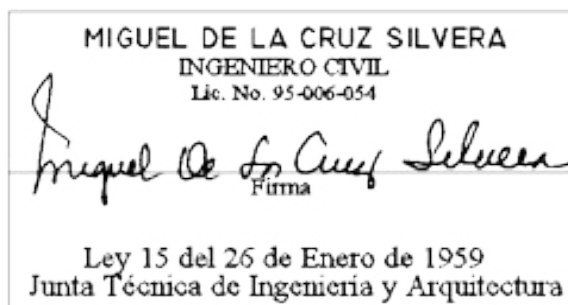
Se trata de un cajón de concreto con capacidad de tratamiento de hasta dimensionado para 20 m³/día para el suministro de cloro por goteo con la finalidad de que la solución entre en contacto con microorganismos para la eliminación superior al 99% de los agentes patógenos (Bacterias, Virus, Protozoos).

2.8.2. MANEJO DE SUBPRODUCTOS

Los subproductos de proceso serán tratados mecánicamente en una operación de espesado y reducción de humedad mecánico. Para el caso de los lodos provenientes de la unidad físico-química de tratamiento preliminar, se propone un filtro prensa con capacidad de manejar 2.0 m³/ día (Tabla No. 1) de sólidos.

3. CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS DE DISEÑO

Se cuantifican los caudales de aguas residuales basados en el consumo de agua de procesos y recomendaciones basadas en información técnica especializada para sistemas de tratamiento de aguas residuales para industria porcina. Los valores mostrados se basan en información de la producción en lo que a consumo y duración de los procesos se refiere. Considerando, que la operación de un sistema de tratamiento es paralela a la producción de los procesos industriales internos por razón del principio de continuidad del sistema, se toman como base los tiempos y volúmenes estimados concordantes a la dimensión de la producción. Se contemplan proyecciones de crecimiento y un factor de mayoración con el fin de minimizar las jornadas operativas en el tren de tratamiento como sigue:



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 6
Condiciones Hidráulicas de Diseño
Propuesta INAVASA

CRITERIO DE DISEÑO	PARÁMETRO
Promedio de Dotación de Consumo (L/día) (año 2019 - 2021)	18,000
Dotación Proyectada adicional de 30% por expansión de la producción durante los próximos 5 años (L/día)	23,400
Factor de Retorno 95% (Perdidas hidráulicas, procesos propios de la actividad productiva).	5%
Promedio afluente STAR L/día (contemplando pérdidas)	22,230
Volumen Total diario (Litros)	22,230
Porción de Mayoración 20%	123,500
Caudal de operación (lps)	0.30
Caudal Horario Máximo (lps)	0.70

4. CONSIDERACIONES CUANTITATIVAS DE LAS OPERACIONES UNITARIAS

Se verifica la operatividad de cada proceso y equipo propuesto, para garantizar el cumplimiento de la calidad del efluente bajo los términos del Reglamento Técnico COPANIT-DGNTI-35-2019 al final del tren de tratamiento.

MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Miguel De La Cruz Silvera
Firma

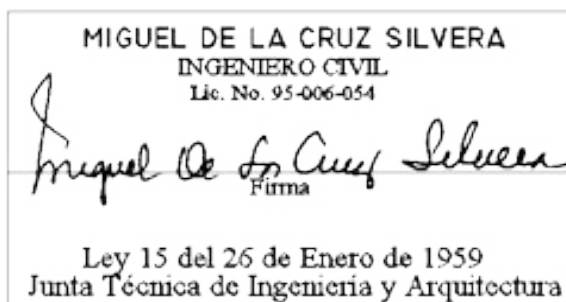
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

4.1. SISTEMA DE TRATAMIENTO PRELIMINAR

4.1.1. UNIDAD DE HOMOGENEIZACIÓN TÉRMICA

El choque térmico en el reactor existente se verifica para homologar la temperatura a niveles de $\pm 3.0^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura ambiental, la cual oscila entre 29°C y 35°C durante el día. Actualmente, las mediciones de calidad de agua muestran que se mantienen en el rango permisible cercano a la norma por lo que no se objeta ni se modifica esta etapa del proceso. El diseño de esta fase de tratamiento preliminar se basa en el caudal, con factor de diseño hora punta.



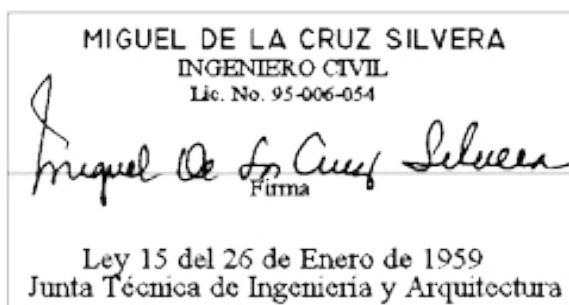
ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 7
Parámetro de Diseño del Choque Térmico de Homogeneización
Propuesta INAVASA

CRITERIO	VALOR	UNIDAD
Caudal Promedio	0.30	l/s
Caudal Hora Punta	0.70	l/s
Volumen Propuesto	1.8	m ³
Tiempo de Retención	2.4	Horas
Conductividad Térmica del Agua	0.6	W/m °K
Área de superficie de pared A =	16	m ²
Grosor de Pared de Concreto d=	15	cm
Conductividad Térmica del Concreto	0.8	W/m °K
Diferencia de Temperatura	3	°C
Conducción de Calor Q/t	460	W/m °K
Conducción de Calor Q/t	1572	BTU/hr

4.1.2. UNIDAD DE CRIBADO ROTATORIO

La unidad de cribado se ha seleccionado basada en el caudal de hora punta de 0.70 lps. Es un equipo adquirido de fabricación con mínima apertura de paso de partícula de 0.86 mm. No requiere diseño sino compra por especificación.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

4.1.3. UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE GRASAS Y ACEITES

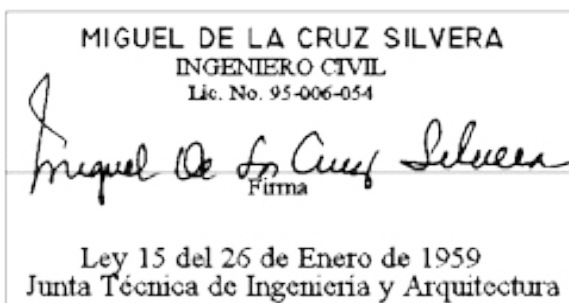
La unidad de retención de grasas y aceites se ha seleccionado basada en el caudal de hora punta de 0.70 lps. Es una estructura construida y anexada a la unidad de homogeneización de temperatura con morfología especial para retener grasas, aceites y espumas en flotación. Sólo requiere diseño hidráulico de capacidad de vertimiento.

4.1.4. UNIDAD DE HOMOGENEIZACIÓN DE CAUDALES

Puede utilizarse la unidad de homogeneización de temperatura en con morfología de flujo pistón con doble propósito. Deberá considerarse los factores de máxima diaria y variación horaria en los procesos de producción sobre todo durante operaciones de lavado. Su diseño está basado en el caudal de hora punta, equivalente a un factor de 2.0 a 3.0 veces el caudal promedio diario.

Tabla No. 8
Parámetro de Diseño de la Unidad de Homogeneización de Caudales
Propuesta INAVASA

CRITERIO	VALOR	UNIDAD
Caudal Promedio	0.3	l/s
Caudal Hora Punta	0.7	l/s
Volumen Actual	2.0	m ³
Tiempo de Retención	2.4	Horas

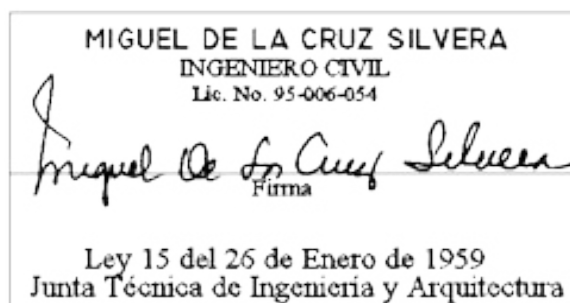


ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

4.2. SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO

4.2.1. UNIDAD DE REACCIÓN FÍSICO-QUÍMICA

La unidad físico química está diseñada basada en la carga contaminante. Siendo esta unidad de fabricación industrial, su selección se realiza en función del Coeficiente Lamelar y la Carga Superficial.



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 9
Parámetro de Diseño de la Unidad de Reacción Físico Química
Propuesta INAVASA

PARÁMETRO	VALOR	OBSERVACIÓN
Caudal de operación (L/s)	0.30	Caudal Promedio Diario (El valor es conservador por los factores de mayoración utilizados)
Gradientes de mezcla (S ⁻¹)	500	Especificaciones del fabricante
	60	
	40	
	20	
Coefficiente Lamelar 1.02 m (L/m ² *s)	1.358	Valor suministrado por el fabricante del equipo
Factor de mayoración (%)	25.7%	Asumida, valor conservador para garantizar que no se exceda el caudal máximo diario al aporte máximo en hora pico
Área Total sedimentación (m ²)	-	Requiere diseño por especificación
Ancho(m)	2.00	Dimensionamiento del campo lamelar estimado
Largo (m)	3.00	
Altura piramidal (m)	3.00	
Pendiente tolva (grados)	67	Condición ideal para evacuación de sólidos
Volumen total (m ³)	5 m ³	Requiere diseño detallado

MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Miguel De La Cruz Silvera
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

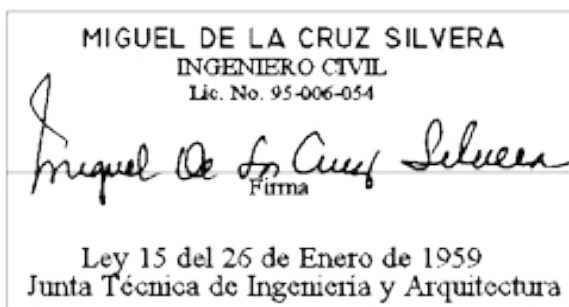
4.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO

El sistema de lagunas será ajustado a las necesidades del tratamiento requerido para eliminación indicada. Estas, además del mantenimiento regular, la misma mantienen su función biológica mejorada por la reducción de carga orgánica, de sólidos y nutrientes causada en la fase anterior mediante el ordenamiento en serie de dos lagunas anaerobias y una aerobia. Requiere diseño detallado y simulación de remoción y crecimiento de micro organismos, así como otros factores de diseño no contemplados en el dimensionamiento.

La configuración está determinada por flujo laminar y zona de mezcla en flujo pistón. La pérdida de energía por el rozamiento del agua fluyendo causa un gradiente forzado de 15 cm a 60 cm en el diseño con las siguientes características. Para el caso en estudio, la pérdida de energía de diseño será de 15 cm considerando un menor gradiente y un tiempo de retención hidráulico más amplio para garantizar un tiempo mínimo para que se consuma el oxígeno disuelto. La configuración de las lagunas permite la reducción del Nitrógeno Amoniacal en el agua residual, en presencia de oxígeno en la destinada para operar en forma aerobia.

4.4. UNIDAD DE DESINFECCIÓN FINAL

Unidad hidráulica construida concreto a la salida de las lagunas integrando un sistema de cloración por goteo y por configuración constructiva establece un proceso de mezcla completa y contacto, para luego por el mismo proceso de agitación, liberar y oxidar los compuestos clorados. Se prevé una capacidad de de tratamiento de hasta 1 lps (3 unidades). Se selecciona con los siguientes parámetros:



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

4.5. SISTEMA DE MANEJO DE SUBPRODUCTOS

El tratamiento de agua se complementa con la recuperación de sólidos del proceso y subproductos finales mediante la aplicación de medios mecánicos como sigue:

4.5.1. UNIDAD PARA ALMACENAMIENTO DE LODO ACUOSO

La unidad mecánica de espesado mediante prensado, con una capacidad de manejo total de 2 m³/día.

4.5.2. UNIDAD DESHIDRATADORA DE LODOS

La unidad estará encargada de la deshidratación de los lodos pre-espesos generados en el tratamiento. La unidad deshidratadora está diseñada con los siguientes parámetros:

Tabla No. 10
Parámetro de Diseño de la Unidad de Deshidratación de Lodos
Propuesta INAVASA

PARÁMETRO	VALOR	OBSERVACIÓN
Volumen total de lodo pre espeso (L/día)	2,000	Calculado.
Concentración SST lodo pre espeso (mg/L)	40.000	Pre espesamiento
Concentración SST lodo espeso (mg/L)	320.000	Placa de lodo espeso con porcentaje de humedad de 68%.
Volumen de lodo espeso generado (L/día)	2,000	Calculado.

MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Miguel De La Cruz Silvera
Firma

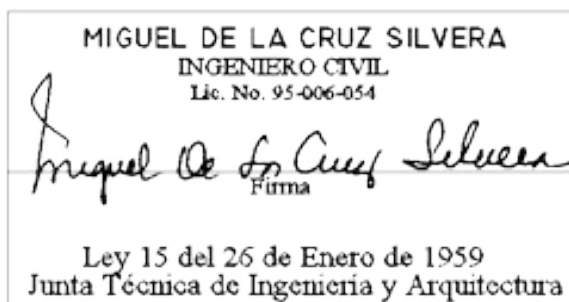
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

5. CONSIDERACIONES FINALES

El producto final deberá cumplir con los parámetros del Reglamento Técnico COPANIT-DGNTI-35-2019 para poder ser descargadas al afluente del Quebrada Pedernal. Esta descarga deberá ser autorizada por el Ministerio de Ambiente para lo cual se deberá tramitar una licencia ambiental una vez sea aprobado este documento por el Ministerio de Salud y demás autoridades competentes hasta el nivel de Planos de Construcción.

Durante el proceso, la simulación de calidad de agua tratada (en cada fase) se muestra a continuación:



ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com

Tabla No. 20
Parámetro de Calidad de Agua durante el Proceso de Tratamiento
Propuesta INAVASA

Parámetro	Afluente (mg/L)	Tratamiento preliminar - (mg/L)	Sistema lagunar (mg/L)
DBO₅	996	399	35.00
SST	942	94.2	18.00
Grasas y Aceites	90	-	3.25
DQO	3478	1392	77.98
Nitrógeno Total	524	262	7.26
Fosforo Total	27.4	8	1.91

MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERO CIVIL
Lic. No. 95-006-054

Miguel De La Cruz Silvera
Firma

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

ING. MIGUEL DE LA CRUZ SILVERA
INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS, AGUA, SUELO Y AMBIENTE
Teléfonos: (507) 391-9379, (507) 391-9354; Telefax: (507) 391-9354
Correo Electrónico: info@mds-ideasa.com – www.mds-ideasa.com