



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

INGENIERÍA AMBIENTAL

GESTIÓN DE RESIDUOS DE UNA GRANJA PORCÍCOLA

PRE - DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO Y DE LOS RESIDUOS DEL

SITIO DE CRIANZA DE CERDOS - TRATAMIENTO DE LODOS

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCION DEL TITULO EN INGENIERO
AMBIENTAL

AUTOR:

DANIEL LEONARDO GUALLASAMIN LOAIZA

daniel.guallasamin@epn.edu.ec

Director: MSc. César Alfonso Narváez Rivera

cesar.narvaez@epn.edu.ec

Quito, 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Daniel Leonardo Guallasamín Loaiza declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Daniel Leonardo Guallasamín Loaiza

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por el Sr. Daniel Leonardo Guallasamín Loaiza, bajo mi supervisión.



M. Sc César Alfonso Narváez Rivera

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DANIEL LEONARDO GUALLASAMÍN LOAIZA

M. SC CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, por permitirme llegar a este momento en mi vida personal y académica.

*A mi padre y a mi madre porque siempre han estado brindándome su apoyo y que a pesar de la distancia nunca dejaron de ser los cimientos de mi vida y mi ejemplo a seguir.
A mi hermano por estar conmigo en mis días oscuros de adversidad.*

Al Ing. César Alfonso Narváez Rivera quien logró transmitir sus conocimientos y guiar de la mejor manera este proyecto de tal forma que hizo posible llegar a este momento.

A todos mis maestros a lo largo de mi formación académica quienes lograron inculcarme conocimientos y valores que me convirtieron en la persona que soy en el presente.

A mis amigos con quienes he pasado muchas horas de estudio, alegrías, tristezas y a lo largo de estos años han llegado a ser una parte importante en mi persona.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I.....	9
INTRODUCCIÓN	9
1.1. ANTECEDENTES.....	9
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3. ALCANCE.....	12
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	12
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO	15
2.1. IMPACTOS AMBIENTALES EN LAS GRANJAS PORCÍCOLAS	15
2.1.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	16
2.1.2. CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	16
2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL AIRE	16
2.5. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS RECEPTORES	17
2.6. MARCO LEGAL	18
2.6.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	18
2.6.2. CÓDIGO ORGANICO DEL AMBIENTE	20
2.6.3. REGULARIZACIÓN AMBIENTAL	20
2.6.4. CATÁLOGO DE CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL NACIONAL	21
2.6.5. MINISTERIO DE AGRICULTURA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	21
2.6.6. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PORCINAS	22
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA.....	23
3.1. NORMATIVA APLICADA EN LA PRODUCCIÓN DE GRANJAS PORCÍCOLAS MÉXICO.....	23
3.2. NORMATIVA APLICADA EN LA PRODUCCIÓN DE GRANJAS PORCÍCOLAS ARGENTINA.....	26
3.3. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE SÉPTICO	28
3.3.1. TANQUE SÉPTICO	28
3.3.2. VENTAJAS	28
3.3.3. DESVENTAJAS	29

3.3.4. TIPOS DE TANQUES SÉPTICOS	29
3.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE IMHOFF	35
3.4.1. TANQUE IMHOFF	35
3.4.2. VENTAJAS	36
3.4.3. DESVENTAJAS	36
3.5. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DEL SECADO	43
3.5.1 LECHO DE SECADO.....	43
3.5.2. MEDIO DE DRENAJE.....	44
3.5.3. VENTAJAS	44
3.5.4. DESVENTAJAS	44
CAPÍTULO IV	47
COSTOS.....	47
4.1. MATERIALES PARA UTILIZARSE	47
CAPITULO V	49
5.1. RESULTADOS.....	49
5.2. CONCLUSIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	57
ANEXO I.....	57
CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO	57
ANEXO II.....	58
LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DULCE (TULSMA ANEXO I RECURSO AGUA).....	58

RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tiene por objetivo desarrollar una alternativa adecuada en términos ambientales, económicos y rentable para el tratamiento de purines, excretas y orines de una granja porcícola de naturaleza comercial-familiar ubicada de manera teórica en Santo Domingo de los Colorados. Para la propuesta del proyecto se determinó la cantidad de cerdos con que se empezaría el funcionamiento la granja, además se determinó cantidad de agua que cada cerdo requiere para su adecuado desarrollo, crecimiento y limpieza sin dejar de lado el agua requerida por el personal que de la granja para su consumo, lavado e higiene.

Las instalaciones de la granja porcícola van a contar con una parte destinada hacia los cerdos y otra para el personal que desempeñará las labores de cuidado y mantenimiento de la granja. Para los cerdos se tiene varias áreas dependiendo del punto de desarrollo donde se encuentren, es así como se tiene; un área de gestación, un módulo de maternidad, un área de destete y crecimiento, un área de engorde, un área de desarrollo para verracos, un área de venta, un área de cuarentena y aclimatación y un área destinada al manejo de desechos. Por otra parte, la granja cuenta con un edificio o vivienda destinada para el personal que desarrolle sus labores en la granja ya sean estas administrativas, obreras o de mantenimiento. Considerando la composición de la granja, y además del número y consumo de agua que tanto personal como cerdos requieren se diseñaron los tanques que en conjunto forman el sistema de tratamiento de aguas y purines de la granja.

El próximo paso para seguir es el de determinar el tipo de sistema de tratamiento de purines y excretas que se va a implementar en la granja. Se dimensionó un tanque séptico a partir de los volúmenes de agua requeridos por el personal de la granja, un tanque Imhoff el cual va a acoger los purines, excretas y orines tanto de los galpones de los cerdos, así como de las salidas del tanque séptico y por último un lecho de secado al final de la línea donde se deshidratarán los lodos provenientes de los digestores de los tanques sépticos e Imhoff.

ABSTRACT

The objective of this Curriculum Integration Work is to develop an adequate alternative in environmental, economic and profitable terms for the treatment of slurry, excreta and urine from a commercial-family pig farm located in the city of Santo Domingo de los Colorados. For the project proposal, the number of pigs that the farm would start operating was determined, as well as the amount of water that each pig requires for its adequate development, growth and cleanliness, without leaving aside the water required by the farm personnel for consumption, washing and hygiene.

The pig farm facilities will have a part for the pigs and another part for the personnel who will perform the care and maintenance of the farm. For the pigs, there are several areas depending on the point of development where they are located, such as a gestation area, a maternity module, a weaning and growth area, a fattening area, a boar development area, a sales area, a quarantine and acclimatization area, and a waste management area. In addition, the farm has a building or housing for personnel working on the farm, whether they are administrative, workers, or maintenance personnel. Considering the composition of the farm, and in addition to the number and consumption of water that both personnel and pigs require, the tanks that together form the farm's water and slurry treatment system were designed.

The next step to follow is to determine the type of slurry and excreta treatment system to be implemented on the farm. A septic tank was dimensioned based on the volumes of water required by the farm personnel, an Imhoff tank which will receive the slurry, excreta and urine from the pig sheds, as well as from the septic tank outlets, and finally, a drying bed at the end of the line where the sludge from the septic tank and Imhoff will be dehydrated.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

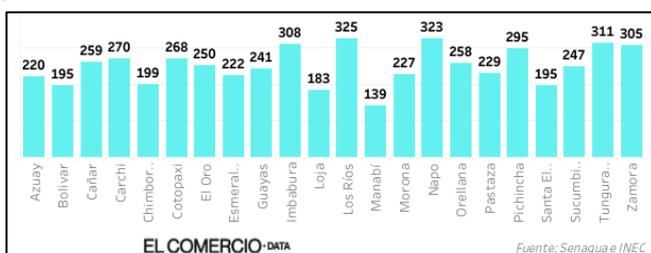
Desde el origen de las primeras civilizaciones, la naturaleza ha sido un el botadero de los seres humanos y con el paso de los años estos solo se han incrementado. Las actividades humanas que en la actualidad se realizan, hace que enormes cantidades de desechos y basura terminen ríos, lagos y mares los mismos que de a poco se han convertido en vertederos de la humanidad (OPS, 2005). El recurso agua es uno de los que más afectaciones sufre debido a la contaminación y muchas veces es desperdiciada por las personas en sus actividades diarias de consumo y uso.

Hace una década las preocupaciones globales publicadas en el informe del Foro Económico Mundial (World Economic Forum Annual Meeting) se enfocaban principalmente en temas financieros, macroeconómicos, precios de acciones y bonos de mercado petroleros, sin embargo, temas como el agua y el cambio climático fueron dejadas de lado pues se consideraban amenazas emergentes. En la actualidad, el guion se voltea pues el mismo organismo considera que la crisis de agua es uno de los riesgos que requieren de atención prioritaria urgente, pues, menciona que el riesgo ambiental es mayor que el riesgo económico, como consecuencia, se presta mayor importancia a los presentes y futuros problemas meteorológicos como son los climas extremos y el cambio climático, y se deja en segundo lugar a los riesgos económicos, como el desempleo y el subempleo, mismos que durante el año 2014 se mantuvieron con una relativa estabilidad. (FAO, 2015)

El consumo promedio global de agua es de unos $1\,240 \frac{m^3}{hab*año}$. En España y Estados Unidos el consumo de agua está próximo a los $2\,500 \frac{m^3}{hab*año}$, mientras que en el gigante asiático el consumo es de sólo $700 \frac{m^3}{hab*año}$. Existe una relación directa de las naciones que consumen más alimentos y agua con las que tienen más desarrollada su agricultura. (Water Footprints of Nations, 2007)

Los países que en la actualidad registran un mayor consumo diario de agua por habitante son; Estados Unidos de Norte América (575 l), Australia (493 litros), Italia (386 litros), Japón (374 litros), México (366 litros), España (366 litros) y Noruega (301 litros) (ONU, 2021). La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que una persona requiere de al menos $100 \frac{l}{día}$ para poder satisfacer sus necesidades las cuales incluyen higiene y alimentación (El Universo, 2020). De acuerdo con la Empresa Pública

Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS-Quito) antes de la pandemia provocada por el SARS-CoV-2 el consumo de agua promedio en la capital de los ecuatorianos estaba entre los 180 y 200 $\frac{l}{hab*día}$, sin embargo, a raíz del confinamiento obligatorio, este consumo se incrementó a un valor entre 240 y 250 $\frac{l}{hab*día}$ (El Universo, 2020). Posteriormente cuando las restricciones de movilidad y cuarentena disminuyeron y las actividades volvieron a retomar su normalidad, el consumo de agua no disminuyó como se esperaba, ya que, a finales del 2021, durante la época navideña la EPMAPS de Quito registró un récord de consumo de 250 $\frac{l}{hab*día}$ de agua, lo que significa aproximadamente un 40% más que el promedio de consumo de los países de la región. Pero Quito no es la única ciudad con un alto consumo de agua, si no que este patrón se ve también en otras ciudades, lo que causa que el Ecuador se encuentre entre los países que registran un alto consumo de agua en comparación con otros países vecinos. En el Ecuador de acuerdo con la Secretaría Nacional de Agua (SENAGUA) la demanda de agua se ha incrementado un 16 % desde el 2007 al 2017 (Alarcón I, 2018).



Gráfica 1: Consumo de agua por provincia en Ecuador ($\frac{l}{hab*día}$).

Fuente: (Alarcón I, 2018)

El consumo inadecuado de agua se ha extendido hasta los sectores productivos y específicamente los relacionados con la crianza de cerdos, como es el caso de las granjas familiares porcícolas, pues, muchas de ellas se implementan de manera antitécnica y que no cumplen con los requerimientos necesarios. (Alarcón I, 2018).

Panorama en Santo Domingo de los Tsáchilas

Santo Domingo de los Tsáchilas es una provincia que pertenece al igual que Manabí a la Agenda Zonal Planificación 4 de la Secretaría Nacional de Planificación. (Secretaría Nacional de Planificación, sf) y abarca una superficie de 22 717.82 km^2 . La Agenda Zonal de Planificación 4 está constituida por 24 cantones y 63 parroquias rurales. (PDOT, 2015)

Santo Domingo de los Colorados es la capital de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y su fecha de cantonización se realizó el 3 de julio de 1967. La fecha de provincialización es el 6 de noviembre del 2007. La provincia se localiza al noroccidente

de la cordillera de los Andes y limita al norte con las provincias de Pichincha y Esmeraldas; al sur con las provincias de Los Ríos y Cotopaxi; al este con Quito y Mejía, cantones de la provincia de Pichincha y al Oeste con la provincia de Manabí. Santo Domingo de los Tsáchilas está conformada por dos cantones; Santo Domingo y La Concordia. El cantón Santo Domingo está formada por siete parroquias urbanas (Santo Domingo, Chigüilpe, Rio Verde, Bombolí, Zaracay, Abraham Calazacón, Rio Toachi) y siete parroquias rurales (San José de Alluriquín, Luz de América, Puerto Limón, San Jacinto del Búa, Santa María del Toachi, Valle Hermoso, El Esfuerzo). El Cantón La Concordia está conformada por una parroquia urbana (La Concordia) y tres parroquias rurales (Monterrey, Las Villegas, Plan Piloto). El agua potable con que se abastece a la ciudad proviene de la vertiente Hidrográfica Rio Lelia. (PDOT, 2015)

Aunque Santo Domingo es una de las provincias con mayor crecimiento en los últimos años, el agua potable es uno de los servicios básicos que sigue siendo deficiente, pues, tanto en zonas rurales como en urbanas solamente se alcanza un 46.81% de cobertura. En la ciudad 5 de cada 10 viviendas disponen del servicio, en la Concordia 3 de cada 10 y en las parroquias 2 de cada 10. (PDOT, 2015). Durante la época invernal se da escases del líquido vital pues el desbordamiento del rio Lelia en la captación hace imposible un adecuado tratamiento y posterior distribución a la población. (Mazón T, 2015)

La actividad porcícola al igual que la ganadería y avícola es de gran acogida en la provincia Tsáchila, y actualmente de acuerdo con el último registro se tienen registradas alrededor de 910 granjas en el cantón Santo Domingo y 24 en el cantón La Concordia. (PDOT, 2015)

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar y diseñar un sistema para la gestión efectiva de los residuos sólidos y líquidos de una granja porcícola de carácter comercial - familiar con el fin de mitigar el impacto ambiental, reducir costos en su implementación y proporcionar las herramientas adecuadas para que el público en general puede obtener los conocimientos necesarios sobre la ejecución de esta actividad.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el nivel de prefactibilidad legal, económica, ambiental y establecer criterios de diseño, construcción y operación de un sistema de recolección, conducción, tratamiento y almacenamiento de los purines proveniente de los galpones de los cerdos y de las aguas residuales proveniente de las viviendas de la granja porcícola familiar.

1.3. ALCANCE

El presente trabajo busca ser de utilidad para que cualquier persona pueda incursionar en la actividad de granjas porcina de manera sostenible y competitiva, además de proporcionar los conocimientos necesarios de prefactibilidad económica y ambiental necesarias en sistemas de tratamiento de purines y excretas en dicha actividad. Dentro de este trabajo localizada en términos teóricos en algún sector rural de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se contemplan aspectos como la distribución de los galpones dentro de la granja para las diferentes etapas de vida de los cerdos, la distribución de cuartos y habitaciones para el personal que labore en la granja y evidentemente el diseño de manera general de un sistema de tratamiento de aguas residuales y purines proveniente tanto de las viviendas donde habitarán las personas como de los galpones donde se ubicarán los cerdos.

La finalidad del sistema de tratamiento de aguas y excretas es la de mitigar y reducir el impacto ambiental que esta actividad conlleva. Dentro del sistema planteado se considera; un tanque séptico el cual está destinado al tratamiento de aguas residuales proveniente de las viviendas, un tanque Imhoff para tratar las aguas residuales proveniente de los galpones, un lecho de secado el cual sirve para deshidratar los lodos provenientes del tanque Imhoff y séptico. Se pretende que todo o gran parte del sistema de gestión de sea lo más eficiente, simple y económico posible.

1.4. JUSTIFICACIÓN

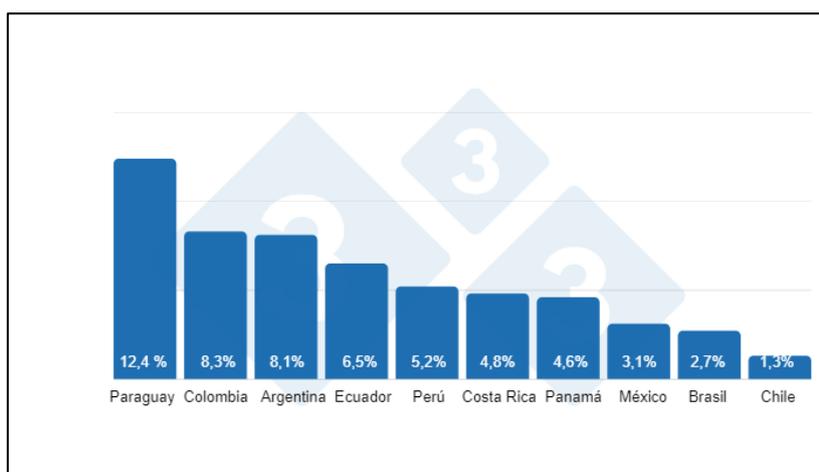
La carne de cerdo es un tipo de proteína animal de cadena corta y de fácil digestión que a además de ser muy apetecible y de buen sabor es de gran valor nutricional para el cuerpo humano ya que aporta con vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina), B6 (Piridoxina), B12, Omega 9 (ácidos grasos monoinsaturados) además de hierro, fósforo, selenio, zinc y posee la mejor relación sodio/potasio. (Ministerio de Agroindustria, 2017)

La actividad productiva de criar cerdos para su comercialización en la actualidad es una actividad que se realiza en prácticamente a nivel mundial y en los últimos años ha ganado mayor terreno debido a factores como; el incremento de la población mundial, los nuevos estilos de vida que adoptan las nuevas generaciones y los cambios en la dieta de las personas además de que las nuevas técnicas y tecnologías hacen de éste un negocio más rentable y provechoso, sin embargo, así como la rentabilidad aumenta, los impactos y consecuencias ambientales también lo hacen. La aplicación y diseños de nuevas tecnologías para la producción de cerdos y gestión de sus desechos no solo busca un beneficio económico y lograr el cumplimiento de normativas legales sino

también un beneficio ambiental, es decir que se logre llegar a obtener una actividad sostenible y rentable en el tiempo. (Badot, 2020)

El país que registra un mayor consumo de carne es China y se estima que en el 2022 alcance los 52 kg/hab. Bielorrusia, la Unión Europea, Corea del Sur y Vietnam. En Latinoamérica el país que registra un mayor consumo de carne es México con 19.4 kg/hab y en general se estima que exista en 2022 un crecimiento del 3 % en casi toda la región con excepción de Chile y República Dominicana cuyos indicadores muestran que se dará un decrecimiento de 3.2 % y 1% respectivamente. (3tres3, 2022)

Entre los años 2010 y 2020 Paraguay registró el mayor crecimiento de producción de carne de cerdo de la región y a continuación se encuentran; Colombia, Argentina y Ecuador. Considerando la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto que es un indicador que disminuye el efecto de volatilidad del mercado se tiene un resultado similar, de esta manera se tiene que en Latinoamérica se ha dado un crecimiento en la producción de carne de cerdo pasando de 5 566 748 toneladas en 2010 a 8 124 453 toneladas en 2020 (Álvarez, J et al., 2021).



Gráfica 2: Tasa de Crecimiento Anual Compuesto de producción de carne de cerdo Ecuador en comparación con otros países de la región para el periodo 2010-2020. Fuente: (Álvarez J, et al., 2021)

De acuerdo con la Asociación de los Porcicultores del Ecuador (ASPE) la producción de carne de cerdo en el 2008 fue de 43 500 Tn/año y para el 2018 alcanzó los 173 194 Tn/año (ASPE, 2018)

En el año 2000 el consumo per cápita de carne de cerdo en el Ecuador fue de 4.5 kg/hab/año (El Comercio, 2009), para el año 2010 fue de 6,88 kg/hab/año para en el año 2018 alcanzó los 10.90 kg/hab/año, aunque en otros países de Latinoamérica se alcanzó los 20 kg/hab/año. Este incremento tuvo algunas causas que lo motivaron entre

ellas están; el aumento de la población, los cambios en la dieta de los ecuatorianos y por último, pero no menos importante la tecnificación de la actividad productiva porcina. En el año 2005 se empezaron a implementar mejoras en temas de genética, alimentación y sanidad lo cual como consecuencia tuvo el inicio de la industrialización de la actividad porcina (Comunidad Profesional Porcina, 2018).

El consumo de carne en Ecuador no fue lo único que tuvo un incremento si no también la producción para poder satisfacer mencionada demanda, de esta manera la carne de cerdo en el 2010 se convirtió en la tercera fuente de proteína de la dieta de los ecuatorianos por detrás de la carne de pollo y carne de res. Pero este incremento en la demanda de carne de cerdo ha traído consigo una mayor generación de desechos que debido a un poco interés para su tratamiento se ha llegado a convertir en una fuente importante de contaminación, esto debido a las descargas directas del estiércol, purines y aguas servidas en fuentes de agua que termina afectando el equilibrio natural del ecosistema. Los principales parámetros que se consideran para determinar la composición físico químico del producto de la digestión del estiércol de los cerdos son; sólidos totales, sólidos volátiles, pH, Carbono orgánico, Magnesio Soluble, Azufre, Nitrógeno Total, Relación C/N, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo disponible, Zinc, Magnesio, Fósforo total, Potasio total, Potasio disponible, Calcio Soluble, Cobre y Boro. (FAO 2012)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. IMPACTOS AMBIENTALES EN LAS GRANJAS PORCÍCOLAS

La población mundial estimada para el año 2050 es de 9.6 mil millones de habitantes lo cual significa que se dará un incremento por la demanda de alimentos, este factor hace de la actividad porcina un sector de importancia no solo económica, sino también alimentaria (FAO). La última información obtenida, permitió determinar que la población porcina se ha incrementado en los últimos años, pero también se han dado decrecimientos que, aunque no han sido significativos es importante considerarlos. Durante el 2017 la producción porcina se redujo un 15% y en durante los primeros meses del 2022 también se percibió una reducción, sin embargo, éste fue por causas como la inflación a nivel mundial, la pandemia provocada por el SARS-CoV-2 y la escases y encarecimiento de balanceados que en su mayor parte son importados desde países europeos como Ucrania, Bielorrusia y Rusia los cuales actualmente viven conflictos bélicos. Lamentablemente la guerra no solo ha afectado al sector porcícola en Ecuador, sino también a otras actividades de producción relacionadas con el agro (La Hora, 2022).

Aunque en términos económicos el incremento de actividades económicas como la porcina es bien recibida, en términos ambientales no siempre sucede lo mismo pues, se generan varios impactos ambientales importantes a considerar como; la pérdida de recursos naturales como el agua, suelo y aire, la presencia de moscas y roedores y la creación de fuentes de olores indeseables (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2012).

Las excretas (heces y orina), agua de limpieza, desperdicio de alimentos y otros materiales como el aserrín y la paja son los principales residuos generados en una granja porcícola. Los desechos de los cerdos están compuestos de una parte seca la cual se encuentra constituida principalmente de heces y restos de comida y una parte húmeda que abarca a más de las mencionadas el agua de bebederos, lavado y agua lluvia. (FAO, 1997; FAO, 2012)

En la crianza de cerdos se estima que por un gramo de proteína que éste consuma, solamente el 33% es utilizado para la formación de carne y, por lo tanto, el 67% restante se pierde como subproductos. Por esta razón se sabe que la producción de carne no solo de cerdo es un sistema poco eficiente. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2012)

El suministro de agua potable es fundamental para que los cerdos tengan una adecuada asepsia y desarrollo en sus corrales, además se debe considerar la cantidad de agua que requiere cada cerdo en sus diferentes etapas de vida. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2012)

Tabla 1. Cantidad de agua requerida por cerdo.

Tipo de ganado porcino	Consumo de agua (litros/hab/día)
Cerda (lactación)	40
Cerda (gestación)	10-20
Cerdos en desarrollo	8
Cerdas de engorde	18
Verraco	20
Lechón (maternidad)	1
Lechón (post destete)	4

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2012)

2.1.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del recurso agua significa que existen procesos o actividades que degradan o deterioran la calidad física-química y microbiológica de dicho recurso. Los contaminantes que se producen de la actividad porcina son principalmente el nitrógeno, el fósforo, los microorganismos patógenos y las hormonas y drogas. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2012)

2.1.2. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Los purines contienen $N-NH_4$ el cual al incorporarse al suelo se transforma en NO_3 . Esta forma es absorbida con mayor facilidad por cultivos cercanos además que se lixivian con mayor facilidad siendo un potencial contaminante de acuíferos o cursos de agua. Si se realiza la deposición excesiva de purines en la capa superficial del suelo se forman costras lo cual produce que el suelo se compacte de cierta manera causando erosión de este recurso. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2006).

2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La volatilización a la atmósfera de emisiones amoniacales (NH_3) derivadas del $N-NH_4$ cuando el purín no es tratado adecuadamente contribuye al efecto invernadero además se forman compuestos orgánicos los cuales generan malos olores en zonas aledañas. (FAO, 2012)

A más los impactos mencionados anteriormente se pueden dar problemas de ruido los cuales incrementan cuando si se da un desarrollo de residencias en zonas cercanas a

la granja. El olor es otro impacto y además es perceptible; éste puede afectar el valor económico de las propiedades cercanas a la granja. El amoníaco, el ácido sulfhídrico y los compuestos orgánicos volátiles que se encuentran en los residuos de los cerdos son los principales causantes de malos olores. Los olores indeseables pueden controlarse con sistemas de control como depuradores de aire, pantallas de niebla, filtros, biofiltros y barreras vivas. (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2006)

2.5. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS RECEPTORES

Como paso previo a iniciar las actividades en una granja porcícola se debe realizar un estudio para analizar la calidad del cuerpo receptor donde se depositarán las aguas una vez que hayan atravesado por todo el sistema de tratamiento de aguas diseñado en el presente proyecto. Para el caso de ríos o canales secundarios los análisis se realizan enfocándose en términos bacteriológicos como lo son los análisis de coliformes fecales. Es adecuado que se realice un inventario de los usos que se le da al agua a lo largo de su recorrido, entre estos se debe principalmente considerar (Secretaría del Agua, 1992):

- Uso del agua para consumo de las personas.
- Uso del agua para la industria.
- Uso del agua para actividades agrícolas.
- Uso del agua para abastecer a los diferentes tipos de ganado y vida silvestre.
- En el caso de que la granja porcícola se encuentre en territorio costero se debe considerar el uso del agua relacionada a las actividades como la piscicultura y cultivo de mariscos.
- Uso de agua para actividades como deportes acuáticos y lavado de ropa.
- Uso del agua para generación de energía eléctrica

Los parámetros que se deben considerar cuando se descargan efluentes a un cuerpo receptor de acuerdo con la normativa ambiental vigente son:

Tabla 2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua fría dulce	Agua cálida dulce
Oxígeno disuelto	mg/l	No menor al 80% ni menor a 6 mg/l	No menor al 60 % ni menor al 5 mg/l
Grasas y aceites	mg/L	0.3	0.3
Material flotante		Ausencia	Ausencia
Temperatura	°C	Condiciones Naturales +3	Condiciones Naturales +3
Coliformes fecales	Nmp/1000 ml	Remoción >90 %	Remoción >90 %

Demanda Química de Oxígeno	mg/L	250	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	100	100
Nitrógeno total Kjendahl	mg/L	15	15
Fósforo total	mg/L	10	10

Fuente: (TULSMA LIBRO VI ANEXO I)

2.6. MARCO LEGAL

2.6.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Los artículos que hacen mención al medio ambiente son:

CAPÍTULO SEGUNDO

DERECHOS DEL BUEN VIVIR

El artículo 13 establece que los ciudadanos ecuatorianos y colectivos tienen derecho a alimentarse nutritiva y sanamente y de preferencia con los alimentos que se producen al interior del país. Es obligación de Estado promover la soberanía sobre los alimentos. (Constitución, 2008)

Ambiente Sano

En el artículo 14 se menciona que un ambiente sano y equilibrado el cual permita garantizar el *sumak kawsay* es un derecho de los ciudadanos. Se establece que la preservación y conservación de la biodiversidad, así como la prevención de los daños ambientales y su restauración de las áreas afectadas son de interés público. (Constitución, 2008)

En el artículo 15 se hace mención que las empresas sin importar que sean públicas o privadas deben utilizar por promoción del Estado tecnologías ambientalmente limpias que conlleven un bajo impacto ambiental. El desarrollo energético no debe bajo ningún contexto darse a costa de la soberanía alimenticia ni afectar el derecho de los ciudadanos al agua. Queda totalmente prohibido cualquier tipo de actividad que involucre armas químicas, biológicas y nucleares que generen contaminantes tóxicos persistentes que a nivel internacional estén. (Constitución, 2008)

CAPÍTULO TERCERO

SOBERANÍA ALIMENTARIA

El artículo 281 menciona a la soberanía alimentaria como un objetivo de obligación por parte del Estado lo cual permita garantizar a todos los ciudadanos alimentos sanos y nutritivos (Constitución, 2008)

Las responsabilidades del Estado para poder lograr esto son:

1. Impulsar la producción de las pequeñas y medianas industrias de producción, así como una adecuada transformación agroalimentaria.
2. Las políticas fiscales, de aranceles y tributarias deben estar orientadas a la protección del sector agroalimentario y pesquero, esto con la finalidad de reducir la dependencia de alimentos exportados.
3. Se debe promover el uso de tecnologías ecológicas en la producción alimentaria.
4. Las políticas que ayuden al campesino en temas de una mejor distribución del agua, y otros recursos productivos deben ser promovidas por el Estado.
5. El Estado debe promover un adecuado financiamiento a los pequeños y medianos productores.
6. El Estado debe promover la conservación de los conocimientos ancestrales relacionados a la agrobiodiversidad, así como al intercambio de semillas libre.
7. Velar por que la calidad de crianza de los animales que están destinados a la alimentación de las personas sea la adecuada.
8. Promover el desarrollo investigativo para brindar las condiciones adecuadas para garantizar la soberanía alimentaria.
9. El Estado debe brindar y garantizar normas de bioseguridad optimas y una adecuada experimentación para su posterior uso y comercialización.
10. Evitar que el sistema alimenticio sea monopolizado y que los productos de consumo sufran de especulación.
11. En caso de sufrir desastres naturales, el Estado debe proporcionar alimento a las poblaciones afectadas. Estos alimentos, así como los provenientes de ayudas internacionales deben ser de buena calidad de tal manera que no afecte la salud ni la producción alimentaria local.
12. Prevenir el consumo de alimentos que afecten la salud de las personas o que no se tenga certeza de sus efectos en la población.
13. Impulsar los programas sociales y alimentarios adquiriendo tanto alimentos como materia prima. (Constitución, 2008)

En el artículo 282 se hace mención de que el Estado actuará como ente normador en lo que a uso y acceso de tierra se refiere. Queda totalmente prohibido apropiarse del agua es decir privatizarla. Bajo los principios de sostenibilidad el Estado será quien regule el uso del agua para riego. (Constitución, 2008)

2.6.2. CÓDIGO ORGANICO DEL AMBIENTE

Durante varios años los esfuerzos por codificar una legislación ambiental en el Ecuador no dieron resultados, sin embargo, con la expedición del Código Orgánico del Ambiente se logró disponer con una norma que garantiza un ambiente sano y permita defender los derechos de la naturaleza.

En el artículo 19 se hace mención al Sistema Único de Información Ambiental (SUIA). El SUIA es un instrumento o herramienta que permite entregar directrices con la finalidad de lograr un bajo impacto ambiental de las diferentes actividades productivas que se realicen en el territorio. El ente que administrará el SUIA es la Autoridad Ambiental Nacional, sin embargo, los Sistemas Descentralizados entregarán la información necesaria. (COA, 2017)

2.6.3. REGULARIZACIÓN AMBIENTAL

El artículo 172 establece que la regularización ambiental autorizará el inicio de las diferentes obras, proyectos o actividades tanto de índole público como privado dependiendo de los impactos que éstos generen a raíz de las características que realicen. Los impactos ambientales se clasifican en: significativo, bajo, medio y de alto impacto. La herramienta que permitirá determinar el tipo de permiso que se entregará a la actividad, obra o proyecto es el Sistema Único de Información Ambiental. (COA, 2017)

En el artículo 173 hace referencia a las obligaciones que tiene el operador. El operador de alguna actividad, obra o proyecto tiene la obligación de detectar, prevenir, reducir y eliminar los impactos ambientales que genere. En caso de que el impacto ambiental se genere y no se haya podido prevenir, el operador está en la obligación de reparar y restaurar las afectaciones causadas. (COA, 2017)

El operador de la actividad, obra o proyecto tendrá que promover la aplicación de tecnologías limpias que generen un bajo impacto ambiental en sus proyectos, además, de implementar buenas prácticas ambientales tanto en producción como en consumo. (COA, 2017)

En el artículo 174 se menciona al Catálogo de Actividades. El Catálogo de Actividades es un listado de las actividades que se están realizando actualmente, en el territorio ecuatoriano de acuerdo con la magnitud del impacto ambiental que dicha actividad

genere. Mediante normativas secundarias se establecerá el tipo de procedimientos, estudios y permisos ambientales que la actividad requerirá. (COA, 2015)

Tabla 3. Catálogo de Actividades del Sistema Único de Información Ambiental.

CÓDIGO CCAN	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	CATEGORÍA (I, II, III, IV)
11.2.2.3	Construcción y/u operación de infraestructura para cría de cerdos mayor a 30 Unidades Porcinas Adultas (UPOA) y menor o igual a 100 Unidades Porcinas Adultas (UPOA)	II

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

2.6.4. CATÁLOGO DE CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL NACIONAL

La actividad de crianza de cerdos se encuentra dentro de la categoría II, la cual esta categorizada como una actividad de bajo impacto ambiental. Los instrumentos que se requieren para la categoría II son; PMA y ficha ambiental. El tipo de regularización que se requiere para esta categoría es el registro ambiental, mismo que solo se puede obtener a través del SUIA de acuerdo con los procedimientos que éste requiera.

En el artículo 429 se hace referencia a los requisitos que se deben tener para poder obtener el registro ambiental. Los requisitos necesarios son: a) Registro en el SUIA del proyecto o actividad que se quiere regularizar; b) Certificado de intersección e información de la actividad c) Pagos por los diversos servicios administrativos; d) En caso de aplicarse, el informe de proceso de participación e) Otros que la Autoridad Ambiental Nacional requiera y que estén determinados en la normativa. Cuando se hayan presentado los requerimientos establecidos por la Autoridad Ambiental Competente se emitirá el Registro Ambiental mediante la herramienta SUIA. (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019)

2.6.5. MINISTERIO DE AGRICULTURA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

La Agencia De Regulación Y Control Fito Y Zoosanitario es el ente encargado de regular y controlarla sanidad e inocuidad de alimentos en su etapa de producción para de esta manera lograr un mercado competitivo con otros de la región. Para lograr este objetivo este organismo se encarga de implementar planes y programas de sanidad animal, inocuidad vegetal y de alimentos para que no se degrade la calidad de los alimentos que llegan a los consumidores finales. (Agrocalidad, 2020)

2.6.6. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PORCINAS

En el artículo 5 de la ubicación de las explotaciones pecuarias se menciona que las granjas deben de instalarse como mínimo a 3 km de distancia de centros poblados y al menos a 5 km de distancia de otras granjas porcícolas. Se debe mantenerse lo mayormente distanciado de lugares donde anteriormente se haya vertido sustancias toxicas no autorizadas. (Agrocalidad, 2012)

En el artículo 24 de las aguas residuales se hace mención de que los efluentes de la granja deberán ser tratados de manera que no superen los límites máximos permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA). (Agrocalidad, 2012)

En el artículo 47 se hace referencia al manejo de purines. Los purines deben ser tratados de tal manera que se reduzca o evite la contaminación al ambiente y con esto cumpla los limites planteados en la normativa ambiental vigente. (Agrocalidad, 2012)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. NORMATIVA APLICADA EN LA PRODUCCIÓN DE GRANJAS PORCÍCOLAS MÉXICO.

El Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Granjas Porcícolas en México, se rige al marco jurídico de la Ley Federal de Sanidad Animal, el cual fue acuñado el 07 de junio del 2012. En mencionado manual se establecen procedimientos y condiciones necesarias para reducir los peligros relacionados o provenientes de agentes químicos, físico y/o biológicos. (Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Granjas Porcícolas, 2016)

La Organización Mundial de Comercio (OMC o WTO en inglés) es el ente que regula el flujo comercial a nivel internacional y tiene como objetivos facilitar y apoyar el flujo comercial entre los países integrantes. La Organización Mundial de Comercio tiene como punto de partida las políticas de inocuidad alimenticia del Codex Alimentarius, ésta establece los puntos que los productos para el consumo de las personas deben cumplir para que su salud no sea afectada y además garantiza una adecuada alimentación de la población. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Codex Alimentarius

Se trata de una comisión que se dedica a realizar guías y lineamientos donde se proponen estándares en materia de alimentación a nivel mundial. Uno de los puntos a resaltar de estos lineamientos es la que se enfoca en la identificación de peligros los cuales de una u otra manera pudiesen afectar o interferir de manera negativa en la salud de los consumidores finales. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Comisión de la Comunidad Europea

La Unión Europea diseñó el Libro blanco el cual se aplica a todos los países que exportan productos o animales hacia sus territorios. En esta legislación se basa en los principios de Análisis de Peligros y Puntos de Control con la única finalidad de llevar al consumidor un producto seguro, inocuo y con una gran calidad alimentaria desde el lugar de su origen hasta la mesa de las personas. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Comisiones Norteamericanas (USDA/FDA)

En Estados Unidos de Norte América los organismos reguladores o encargados de precautelar la salud de las personas en temas alimentarios son: La Agencia de Alimentos y Medicamentos. (FDA) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). La principal razón de ser de estas agencias es los productos de origen animal lleguen de manera óptima al consumidor y que los productos que se utilizan en su desarrollo y crecimiento sean seguros para ser consumidos. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Secretaría de Salud

La Secretaría de Salud es la entidad que se encarga de resguardar la salud de los mexicanos amparada en la Ley General de Salud la cual debe ser cumplida a lo largo y ancho de la República. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Senasica

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) es un ente descentralizado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, que se encarga de velar o vigilar la calidad de animales, vegetales o subproductos que se movilicen dentro del país. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Manejo de excretas

Las excretas si no se manejan adecuadamente facultan que microorganismos patógenos proliferen a los corrales y afecten directamente a los cerdos y a su correcto desarrollo. Para un correcto manejo de desechos se debe tener en cuenta el equipo con que se realice la actividad, la mano de obra, instalaciones y disposición final.

La cantidad o volumen de excretas que generan los cerdos en una granja porcícola tienen varios factores, entre los más importante están: edad, madurez, calidad y cantidad de alimento que ingiere, así como cantidad de agua. Todos estos factores mencionados deben ser considerados para saber el impacto que generan los cerdos de una granja porcícola sobre el ambiente. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

La actividad está regulada por:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1982).
- Ley Federal de Derechos.

- Ley de Aguas Nacionales – 1992 y su Reglamento 1994.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.
- Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL1996

Laguna de tratamiento anaeróbico de excretas

El Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas indica que una herramienta adecuada para tratar las excretas y purines de una granja porcícola son las lagunas de tratamiento anaerobio. El funcionamiento de las lagunas anaerobias es de básicamente coleccionar la cerdaza y dejarla que se descomponga por acción de bacterias anaerobias. Al utilizar este tipo de alternativa se fuerza a que una gran parte de los sólidos de las excretas se conviertan en líquidos y/o gases, esto causa que el material orgánico disminuya considerablemente. Para este tipo de lagunas se requiere de suelo poco permeable o se coloca una capa de suelo arcillosos compactado para evitar que los lodos se filtren a las capas inferiores del suelo. En ocasiones es necesario la instalación de películas impermeables sintéticas, esto dependiendo del nivel freático y del tipo de suelo donde se adecuará la laguna. Las dimensiones de las lagunas de tratamiento anaeróbicas dependen directamente de la cantidad de materia que recibirá para tratar. Es adecuado bombear los lodos cada cierto tiempo, sin embargo, no se lo debe realizar hasta vaciar la laguna pues se debe conservar una carga de microorganismos anaerobios considerable para que los afluentes que ingresen posteriormente puedan ser degradados por dichos microorganismos. (Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

Las lagunas de tratamiento anaeróbico están constituidas por:

están constituidas de varias etapas las cuales se detallan a continuación:

- **Fosa de acopio.** – Es el primer lugar donde llegan las excretas de los cerdos de la granja.
- **Separador de sólidos.** – En este lugar se trata de extraer la mayor parte de materia sólida.
- **Fosa de sedimentación.** – Durante al menos 24 horas se mantiene allí el agua, con sólidos suspendidos, disueltos y flotantes para su precipitación.
- **Filtro.** - Es una etapa complementaria a las anteriores, pues su estructura constituida de piedra, arena y grava retienen los sólidos que no pudieron ser recuperados en el tanque sedimentador.
- **Fosa de tratamiento biológico.** – Es la etapa previa a la de descarga a un cuerpo receptor, es por ello que con bacterias y enzimas se trata de oxigenar el agua, eliminar patógenos y disminuir significativamente los niveles de nitrógeno

y fósforo que son los principales causantes de eutrofización en cuerpos de agua.
(Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas, 2004)

3.2. NORMATIVA APLICADA EN LA PRODUCCIÓN DE GRANJAS PORCÍCOLAS ARGENTINA

Lo adecuado es que la granja porcícola se encuentre a al menos 5 km de distancia con otro tipo de granjas. Las granjas con una cantidad de cerdos mayor a 1000 se consideran o representan un riesgo alto social y ambiental, sin embargo, esto no es un impedimento pues con un adecuado asesoramiento y normas de bioseguridad óptimas se puede superar cada situación que se presente. Otro aspecto que se debe considerar al momento de la instalación o construcción una granja porcícola es la de que sus galpones se dispongan dependiendo del viento, montes, caminos y poblaciones. Una distancia adecuada a las vías, rutas y caminos vecinales va de 50 metros de entre 400 y 800 metros, pues en distancias menores significarían riesgos de contaminación. (Senasa, sf)

Instalaciones

El área donde se ubica la granja debe estar adecuadamente delimitada, y el aseo debe ser primordial pues si no se lo realiza así se produciría un riesgo alto de contaminación y deterioro de la salud de los cerdos. El galpón destinado para la maternidad es una de las más delicadas, es por ello por lo que se debe ser cuidadoso con la bioseguridad. Los galpones de maternidad deben estar a una distancia de entre 2000 y 3000 metros de los demás galpones. La limpieza y desinfección de galpones abarca la limpieza en seco y en húmedo. (Senasa, sf)

Es importante contar con uno o varios sistemas de tratamiento adecuado para los efluentes que se generen en la granja porcícola. No se deben construir desagües expuestos, además que éstos deben llegar a fosas o lagunas para su tratamiento. De existir cadáveres de animales, éstos deben ser eliminados por incineración o compostaje. Esos mecanismos impiden la proliferación de plagas y aumentan la sostenibilidad de la granja. (Senasa, sf)

La metodología llevada a cabo en el presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo pues, el tanque séptico, Imhoff y lecho de secado se diseñaron a partir de los volúmenes de agua que se consumirían en la granja tanto por las personas como por los cerdos. El trabajo es de tipo bibliográfico descriptivo pues, aunque la granja no existe en un espacio físico real, se tomaron en cuenta los factores que pudiesen afectar o intervenir en su funcionamiento. La recolección de información se realizó a través de fuentes como periódicos y publicaciones con temáticas relacionadas con sistemas de tratamiento de

aguas residuales. Se consideró como punto de instalación de la granja en la ciudad de Santo Domingo es por ello que se ocupó el PDOT de Santo Domingo.

Tabla 4. Cantidad de agua requerida en la granja porcícola

Cerdos	Cantidad	l/hab/día	Total, litros/día
Lechón (maternidad)	30	1	30
Lechón (post destete)	30	4	120
Desarrollo (< 50 kg)	24	8	192
Engorde (> 50 KG)	18	18	324
Cerda gestante	3	20	60
Cerda lactante	3	40	120
Verraco	2	20	40
Duchas por reproductor	8	2	16
Limpieza por reproductor (verraco + gestante)	8	4,5	36
Limpieza por animal de ceba	42	1	42
Personas	6	150	900
			1910

Fuente: (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2012)

Tabla 5. Cantidad de agua requerida en la granja porcícola

Etapa	Estiércol kg/día	Est+orina kg/día	Volumen l/día	Volumen m^3 / animal / día
25 – 100 kg	2.3	4.9	7.0	0.25
Hembra	3.6	11.0	16.0	0.48
H. lactación	6.4	18.0	27.0	0.81
Semental	3.0	6.0	9.0	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	3.13	8.17	12.8	1.87

Fuente: (FAO, 2007)

3.3. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE SÉPTICO

3.3.1. TANQUE SÉPTICO

Un tanque séptico es un tanque que surge como alternativa para tratar aguas residuales en zonas alejadas de la ciudad que no cuentan con el servicio de alcantarillado o para tratar efluentes de pequeñas escuelas, hospitales y granjas. (OPS, 2005).

El funcionamiento de un tanque séptico se da en el que las partículas más gruesas van al fondo o se sedimentan y las más livianas se acumulan en la parte superior. Se definen varias etapas en un tanque séptico; la de acumulación de lodos que es en el fondo del tanque, la intermedia donde se localizan líquidos con materia orgánica disuelta y por último un espacio libre el cual permitirá alojar a los gases producto de los procesos anaerobios de descomposición de la materia. Los lodos en casi todos los casos son más contaminados que las aguas que los mueven, esto es debido a su concentración de bacterias y materia orgánica. El lodo que se acumule en el fondo debe retirarse periódicamente. (Rosales, E. 2005)

En el tanque séptico se desarrollan microorganismos anaeróbicos y facultativos los cuales se alimentan del lodo y de las aguas residuales que a su vez producen gases como el CO_2 , H_2S y otros que se desalojan a través de un conducto colocado en la parte superior del tanque. (EcoCentury, 2017)

La eficiencia de este tanque para eliminar los sólidos sedimentables es cercana al 80% o 90%, sin embargo, dicha eficiencia también depende del tiempo de retención y la frecuencia con que se extraiga el lodo. Si por una u otra circunstancia llegasen grandes cantidades de descargas al tanque, la concentración de los sólidos en suspensión se incrementaría temporalmente ya que los sólidos que se encuentren ya sedimentados se levantarán debido a la agitación. (OPS, 2005)

La materia contenida en el tanque sufre transformaciones y aunque se ha determinado que se eliminan entre el 80% y 90% de huevos de anquilostomas y áscaris lo que no logra ser eliminado es fuente potencial de infección por lo que se debe evitar usar el agua para riego de cultivos o descargas hacia aguas superficiales sin un respectivo permiso ambiental de la autoridad competente. (OPS, 2005)

Como cualquier estructura de ingeniería, éste tanque presenta ventajas y desventajas sobre otros tipos de tanques los cuales se exponen a continuación (OPS, 2005):

3.3.2. VENTAJAS

- Es adecuado para aplicar en condominios, hospitales y zonas rurales donde se pueden encontrar actividades como porcícolas o avícolas.

- No requiere limpieza constante.
- Los costos de construcción y operación son relativamente económicos.
- Su operación y mantenimiento no representa una dificultad importante.

3.3.3. DESVENTAJAS

- Su uso se delimita para poblaciones de máximo 360 habitantes.
- Su uso es delimitado por la capacidad de infiltración del suelo.
- Requiere de bombas o camiones con bombas de vacío para poder realizar la remoción de lodos.

3.3.4. TIPOS DE TANQUES SÉPTICOS

Existen varios tipos de tanques sépticos dependiendo de los materiales que son construidos de los cuales los más destacables son:

- **Tanque Séptico de concreto.** - (Se ocupará para el presente proyecto). – Son los que se usan mayormente en la actualidad debido a su amplia vida útil (20 años). Con el pasar de los años puede agrietarse y dejar que el agua subterránea se infiltre dentro del tanque afectando su rendimiento y funcionamiento en general, es por ello que es recomendable realizar inspecciones de mantenimiento periódicas. El costo de construcción de este tipo de tanque séptico es de entre \$ 2350 y \$ 6750 (Fotoway, 2021)
- **Tanque Séptico de fibra de vidrio.** – Dentro de las principales ventajas es que resiste la oxidación, corrosión y crecimiento de algas, no se expande o contrae. Una de sus desventajas es que están expuestos a desplazamientos cuando los niveles freáticos cambian. Su costo estimado oscila entre los \$ 1600 y \$ 2000. (Fotoway, 2021)
- **Tanque Séptico de polietileno/plástico.** – Este tipo de tanques son una opción ligera si se la compara con la opción de hormigón. Al igual que el tanque de fibra de vidrio es resistente a la oxidación y al agrietamiento. Su ligereza facilita su instalación, pero si no se lo hace de la manera correcta la superficie irregular del suelo o la presión cambiante de éste puede romper el tanque. (Fotoway, 2021)
- **Tanque Séptico de acero.** - Los tanques sépticos de acero son los de menor uso debido a que suelen romperse antes de cumplir su tiempo estimado de vida útil (20 años). Sus posibilidades de oxidarse o corroerse al estar bajo suelo son altas, es por ello que requieren de inspecciones periódicas. (Fotoway, 2021)

Inicialmente el número de personas que realizaran labores en la granja será de 6 pues se trata de una granja pequeña de manejo familiar. La cantidad de agua de consumo que se asumirá será de $150 \frac{l}{hab*dia}$.

a) Agua residual para tratar en el tanque séptico;

$$Q = 150 \frac{l}{hab * dia}$$

$$Q_T = \left(150 \frac{l}{hab * dia}\right) * 6 hab = 900 \frac{l}{dia}$$

Aproximadamente el 80% del agua potable se convierte en agua residual;

$$Q_T = \left(900 \frac{l}{dia}\right) * 80\% = 720 \frac{l}{dia}$$

La cantidad de agua residual que se deberá tratar en el tanque $720 \frac{l}{dia}$.

b) Periodo de retención (PR días)

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(Q_T)$$

Donde;

P: Población (hab)

Q_T = Caudal total a tratar (litros)

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(720)$$

$$PR = 0.6428 \text{ días}$$

c) Volumen requerido para sedimentar (*V_s*, en m³)

$$720 \frac{l}{dia} * \frac{1m^3}{1000 l} = 0.72 \frac{m^3}{dia}$$

$$V_s = 10^{-3} * (Q_T) * PR$$

Donde;

V_s = Volumen requeri para la sedimentación (m³)

Q_T = Caudal total (m³)

PR = Periodo de retención (días)

$$V_s = 10^{-3} * \left(0.72 \frac{m^3}{dia}\right) * 0.6428$$

$$V_s = 4.628 \times 10^{-4} m^3$$

$$V_s = 4.628 \times 10^{-4} m^3 * \frac{1000 l}{1}$$

$$V_s = 0.463 l$$

El dimensionamiento está proyectado a un triple de su volumen inicial

$$V_s = (0.463 \text{ l}) * 3$$

$$V_s = 1.38 \text{ l} \approx 1.5 \text{ l} \approx 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

d) Volumen y dimensionamiento del tanque séptico

$$V_T = Q_T * PR$$

Donde:

$$V_T = \text{Volumen del tanque séptico (m}^3\text{)}$$

$$Q_T = \text{Caudal total (m}^3\text{)}$$

$$PR = \text{Periodo de retencion (dias)}$$

$$V_T = 0.72 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 0.6428 \text{ d}$$

$$V_T = 0.463 \text{ m}^3 * 3 = 1.388 \text{ m}^3 = 1388.5 \text{ l} \approx 1.5 \text{ m}^3$$

El dimensionamiento está proyectado a un triple de su volumen inicial y se redondean valores para facilidad de construcción.

Dimensionamiento largo, ancho y profundidad.

Considerar que:

- La relación entre el largo y ancho será de 2:1.
- Su profundidad no puede ser mayor a su longitud total.
- La profundidad no debe ser inferior a 0.75 m.

$$V_T = x * y * z$$

$$V_T = 1.5 \text{ m}^3 = (x) * (y) * (z)$$

Considerando que; $\frac{x}{y} = \frac{2}{1}$

$$V_T = 1.5 \text{ m}^3 = (2y) * (y) * (z)$$

Asumir que $z = 0.75$

$$V_T = 1.5 \text{ m}^3 = (2y) * (y) * (0.75 \text{ m})$$

$$1.5 \text{ m}^3 = (1.5 \text{ m}) * (y^2)$$

$$\frac{1.5 \text{ m}^3}{(1.5 \text{ m})} = (y^2)$$

$$1 = (y^2)$$

$$y = 1 \text{ m}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{2}{1}$$

$$x = 2y = 2(1) = 2m$$

Entonces:

$$x = 2 \text{ m}$$

$$y = 1 \text{ m}$$

$$z = 0.75 \text{ m}$$

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestra el tanque séptico 3D con vistas; en planta, perfil izquierdo y vista frontal con sus dimensiones correspondientes.

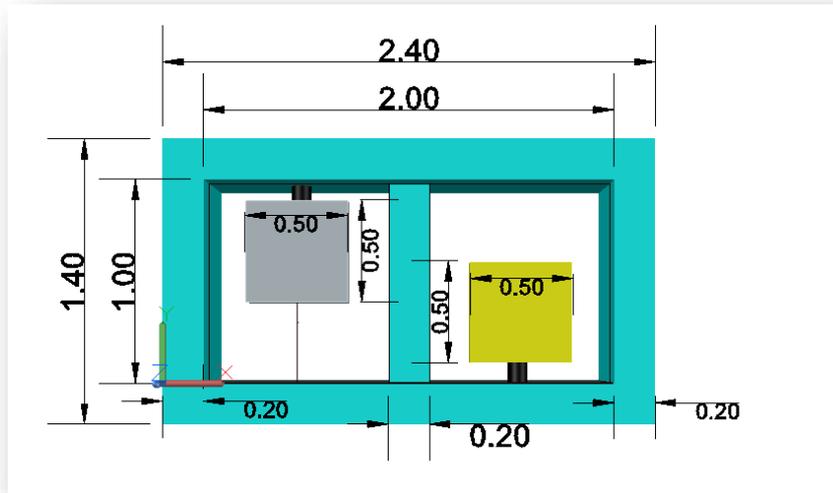


Figura 1: Vista superior del tanque séptico

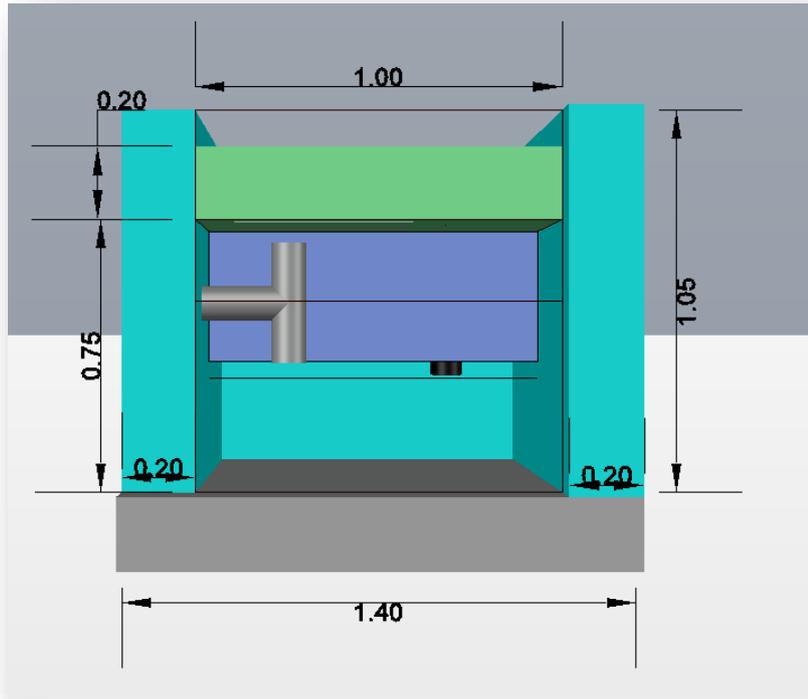


Figura 2: Vista lateral izquierda del tanque séptico

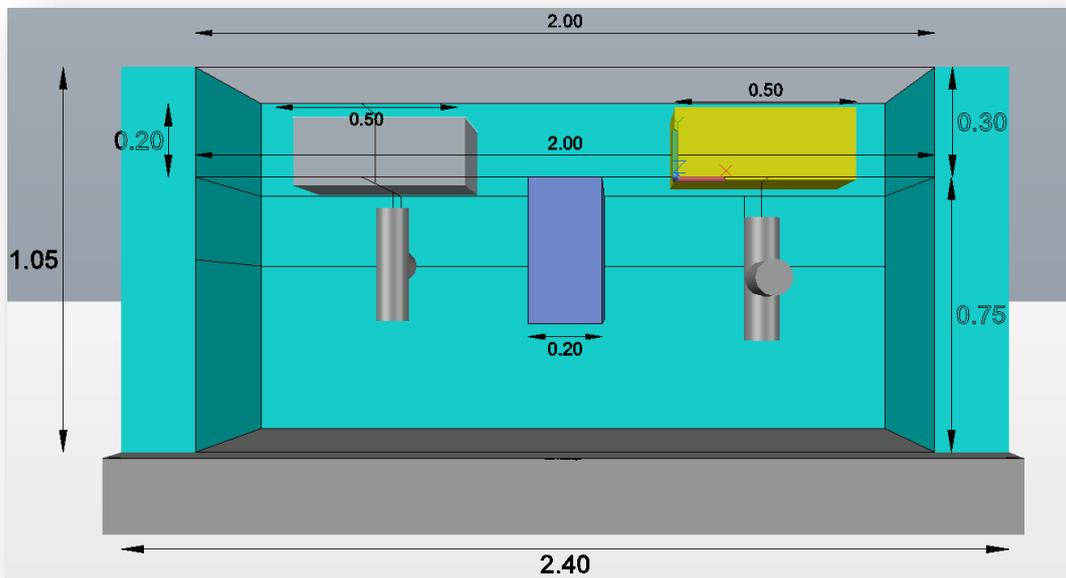


Figura 3: Vista frontal del tanque séptico

e) Volumen para la digestión y almacenamiento de lodos

$$V_d = 70 \times 10^{-3} * P * N$$

Donde:

$V_d =$ Volumen para digestión y almacenamiento del lodo (m^3)

$P =$ Población

$N =$ Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos. (años)

$$V_d = 70 \times 10^{-3} * 6 * \left(6 \text{ meses} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \right)$$

$$V_d = 0.21 \text{ m}^3$$

f) Volumen de lodos producidos

El volumen de lodos está directamente relacionada con la temperatura ambiental. Para el caso de Santo Domingo, la temperatura ambiente media es de 23 °C, por lo tanto, el valor a utilizar es de $40 \frac{l}{hab * año}$.

g) Volumen de natas.

El volumen mínimo para considerar es de 0.7 m^3

h) Profundidad máxima de espuma sumergida

$$H_e = \frac{0.7}{A}$$

Donde:

$H_e =$ Profundidad máxima de espuma sumergida (m)

$A =$ Área superficial del tanque (m^2)

$$H_e = \frac{0.7}{(2 * 1)}$$

$$H_e = 0.35 \text{ m}$$

i) Profundidad libre de espuma sumergida

Corresponde a la distancia entre la superficie baja de la espuma y el nivel inferior de la cortina deflectora del dispositivo de salida. Debe ser como mínimo 0.10 metros.

j) Profundidad libre de lodo

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A$$

$$H_o = 0.82 - (0.26 * 2m)$$

$$H_o = 0.3 \text{ m}$$

Donde: $H_o = \text{Profundidad libre de lodo (m)}$

k) Profundidad mínima necesaria para la sedimentación

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

Donde:

$H_s = \text{Profundidad mínima requerida para la sedimentación (m)}$

$V_s = \text{Volumen requerido para la sedimentación (m}^3\text{)}$

$A = \text{Área superficial del tanque (m}^2\text{)}$

$$H_s = \frac{1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2}$$

Considerando la proyección a futuro al triple

$$H_s = 7.5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

3.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE IMHOFF

3.4.1. TANQUE IMHOFF

Un tanque Imhoff es una tecnología para tratar aguas residuales que busca remover los sólidos suspendidos y se puede aplicar en comunidades de hasta 5000 individuos. El tanque Imhoff integra una cámara de sedimentación y una cámara de digestión, así como un espacio que permita alojar los gases generados por la actividad microbiana, por tal razón también se les llama tanques de cámara doble. Este tanque se caracteriza por ser de fácil operación y no requiere de partes mecánicas complejas, lo que si se recomienda para que su funcionamiento sea óptimo es que el agua que ingrese sea tratada en un tratamiento preliminar de criba. (Tilley, E. Ulrich, C. et al, 2018)

Las principales ventajas del tanque Imhoff son; que la separación y estabilización se dan en diferentes cámaras, pero en una misma unidad, no requiere de un área grande para su diseño, no genera malos olores considerables y los costos de operación no son considerables. Por otra parte, las desventajas son que; por lo general requiere de profundidades mayores a 4 metros, no remueve patógenos y el lodo capturado requiere de un tratamiento adicional. El funcionamiento del tanque Imhoff empieza con el ingreso de las aguas residuales por la parte superior de la cámara de sedimentación en donde se eliminan una parte de los sólidos sedimentables los mismos que resbalan por las paredes hacia la cámara de digestión. Esta ranura a más de permitir el ingreso de los sólidos sedimentables impide que los gases que se producen por la descomposición de los lodos afluentes escapen por allí e interfieran en el proceso que ocurren en la cámara de sedimentación. Los gases generados en el área de digestión son desviados al área de ventilación. Los lodos que se acumulan en el fondo del digestor se deben retirar periódicamente y colocarlos en el lecho de secado donde una vez que su humedad se reduce pueden ser utilizados para mejorar los suelos. (Tilley, E. Ulrich, C. et al, 2018)

3.4.2. VENTAJAS

- El proceso de digestión de lodos es más eficiente que un tanque septico.
- Casi nunca se descargan lodos por el efluente.
- Cuando se seca el lodo, no presenta mayores complicaciones para evacuarlo.
- Las aguas que ingresan al tanque no requieren tratamiento preliminar.
- Son económicos tanto en su construcción como en su operación.
- Si se lo compara con una laguna de estabilización, ocupa menos terreno.
- Son adecuados para comunidades pequeñas o actividades que generen pocas cantidades de desechos.
- No requiere de atención constante y cuidadosa. (OPS, 2005)

3.4.3. DESVENTAJAS

- Son estructuras que demandan una profundidad considerable.
- Debe considerarse el nivel freático pues esto puede causar que el tanque flote o que se desplace.
- El efluente del tanque Imhoff sigue siendo de mala calidad orgánica y microbiana.
- Puede provocar malos olores pese a que su funcionamiento sea el adecuado. (OPS, 2005)

El tanque Imhoff podría denominarse una fosa séptica mejorada pues elimina entre el 55% y 65% de sólidos suspendidos y reduce la DBO entre un 25% y 35%. (OPS, 2005)

Tabla 6. Rendimientos de depuración de un tanque Imhoff.

Parámetro	Reducción (%)
Sólidos suspendidos	55-65
DBO5	25-35
DQO	20-30
Nitrógeno total	-
Fósforo total	-
Coliformes fecales (reducción u.log)	0-1

Fuente: (Salas, J., 2020)

Un tanque Imhoff logra alcanzar niveles de un sistema de tratamiento primario por lo requiere que sus efluentes sean sometidos a otros tipos de tratamientos para lograr alcanzar los niveles adecuados que la norma requiere.

El número de cerdos con que se plantea iniciar el funcionamiento de la granja es de 50 cerdos pues se trata de una granja pequeña de manejo familiar. La cantidad de consumo

de agua potable de todos los cerdos que se tomará para el presente caso será de $670 \frac{l}{dia}$.

$$Q_{potable} = 1010 \frac{l}{dia}$$

Al igual que para el tanque séptico, se considera que del total de agua potable que requieren los cerdos para su mantenimiento solo el 80% llega al tanque Imhoff. Por lo tanto:

$$1010 \frac{l}{dia} * (80\%) = 808 \frac{l}{dia} = 810 \frac{l}{dia}$$

De acuerdo con el diseño se conoce que los afluentes que llegan al tanque Imhoff son las aguas provenientes del tanque séptico más las aguas de los galpones de todas las instalaciones de los cerdos. Además, se considera que el caudal que ingresa al tanque Imhoff es el mismo que anteriormente ingresó al tanque séptico.

$$\begin{aligned} Q_{séptico} + Q_{Cerdos} &= Q_{Total\ imhoff} \\ 720 \frac{l}{dia} + 810 \frac{l}{dia} &= Q_{Total\ imhoff} \\ Q_{Total\ imhoff} &= 1530 \frac{l}{dia} \approx 1.55 \frac{m^3}{dia} \end{aligned}$$

Considerar que:

- El Largo del sedimentador debe ser de al menos el doble de longitud que su ancho.
- El borde libre debe tener una distancia de entre 0.4 – 1 metro
- El ancho del sedimentador debe ser de al menos dos veces el ancho de la zona libre.
- El ancho de las paredes de división entre áreas es de 0.20 m.
- El porcentaje del área libre sobre el área total debe ser mayor a 30%
- El fondo del tanque tiene forma de V y su pendiente lateral respecto a la horizontal debe tener un ángulo de 50° a 60°. (60°)

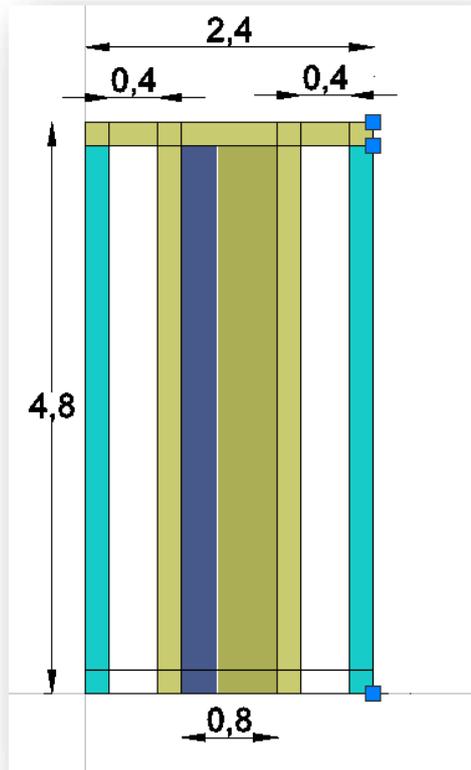


Figura 4: Vista superior del tanque Imhoff.

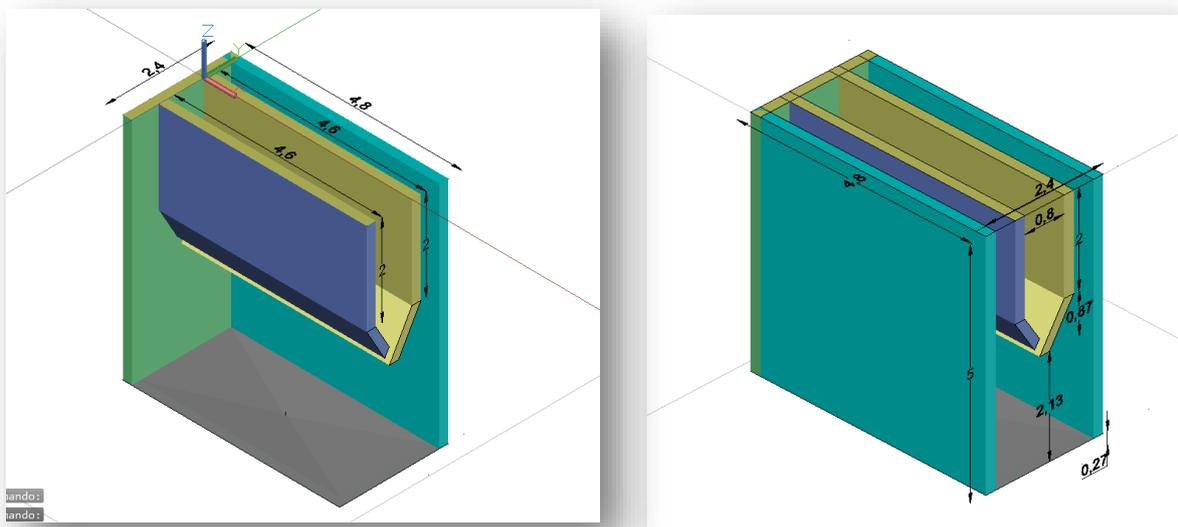


Figura 5: Vista isométrica Sur – Oeste del tanque Imhoff.

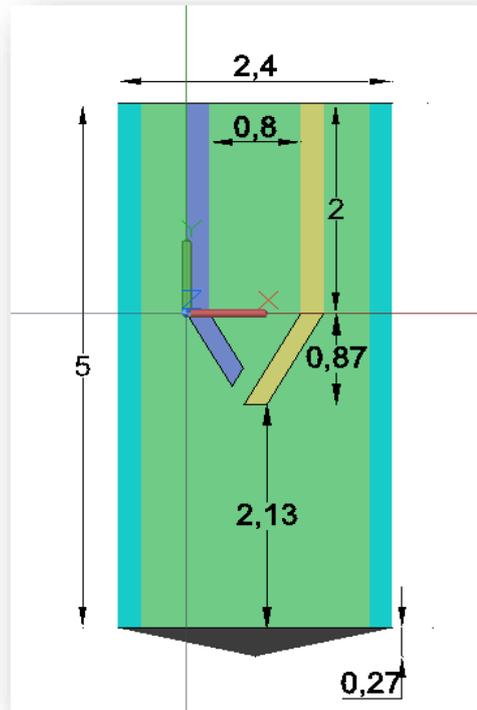


Figura 6: Vista frontal del tanque Imhoff.

$$\text{Área libre} = 2 * (0,4\text{m}) * (4,4\text{m}) = 3,52 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = (2 \text{ m}) * (4,4\text{m}) = 8,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Área libre \%} = \frac{A_L}{A_T} * 100$$

$$\text{Área libre \%} = \frac{3,52}{8,8} * 100$$

$$\text{Área libre \%} = 40 \% > 30\%$$

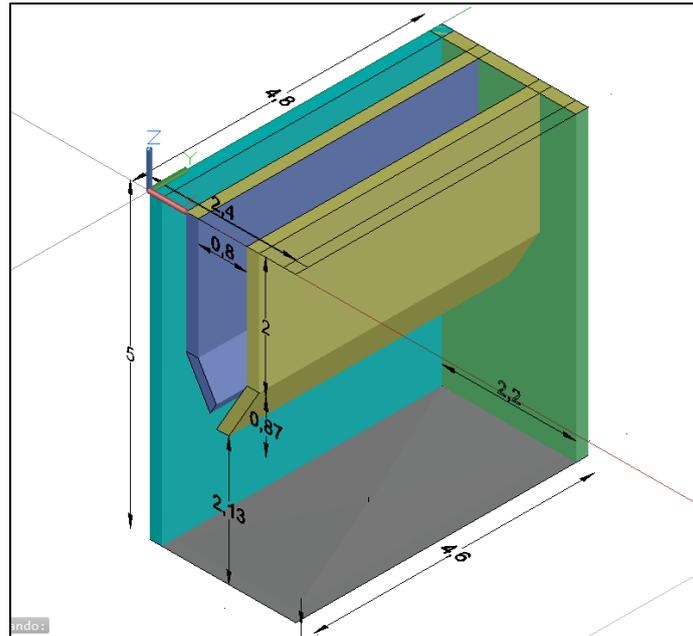


Figura 7: Vista Sur – Este del tanque Imhoff.

Considerar:

- En la parte inferior del tanque de sedimentación se tiene que dejar una abertura para que los sólidos pasen hacia el digester. Dicha abertura debe tener entre 0.15 y 0.20 m
- Uno de los lados (en este caso el derecho) se prolongará entre 15 y 20 cm, esto con la finalidad de que los gases producto de la actividad microbiana en el tanque digester no ingresen al sedimentador.

Para determinar las dimensiones de la sección triangular se tiene:

$$\tan(60^\circ) = \frac{h_2}{(0.4)}$$

$$h_2 = \tan(60^\circ) * (0.4 \text{ m})$$

$$h_2 = 0.693 \text{ m} \approx 0.70 \text{ m}$$

$$\text{sen}(60^\circ) = \frac{h_2}{\text{hip}}$$

$$\text{hip} = \frac{0.7 \text{ m}}{\text{sen}(60)}$$

$$\text{hip} = 0.80 \text{ m}$$

Volumen del sedimentador (V_s):

$$V_s = V_{\text{sección cubica}} + V_{\text{sección triangular}}$$

Volumen de la sección cubica del sedimentador.

Considerar que:

- Se toma una profundidad de cámara de sedimentación de 2 metros. (h_1)

$$V_{Seccion\ cúbica} = (x) * (y) * (h_1)$$

$$V_{Seccion\ cúbica} = 0.8\ m * 4.4\ m * 2\ m$$

$$V_{Seccion\ cúbica} = 7.04\ m^3$$

Volumen del triángulo invertido que se formar en la parte inferior del sedimentador.

$$V_{Seccion\ triangular} = \frac{1}{2}(x)(y)(h_2)$$

$$V_{Seccion\ triangular} = \frac{1}{2}(0.8m)(4.4m)(0.693\ m)$$

$$V_{Seccion\ triangular} = 1.219\ m^3$$

$$V_s = 7.04\ m^3 + 1.219m^3$$

$$V_s = 8.259\ m^3$$

Tiempo de retención (TR)

$$TR = \frac{V_s}{Q}$$

Donde:

$$TR = \text{Tiempo de retencion (dias)}$$

$$V_s = \text{Volumen del sedimentador (m}^3\text{)}$$

$$Q_{Total\ imhoff} = \text{Caudal total para tratar } \left(\frac{m^3}{dia}\right)$$

El caudal de entrada se considera que tenga una proyección del triple.

$$TR = \frac{8.259\ m^3}{3 * (1.55\ \frac{m^3}{d})}$$

$$TR = 1.77\ día$$

Dimensionamiento de la cámara inferior del tanque Imhoff – Digestor

Considerar que:

-
- La parte inferior o fondo del digestor debe tener la forma de un tronco de pirámide invertida, para que su desalajo sea menos complicado.
- Las paredes de dicho tronco de pirámide o tolva debe inclinarse entre de 15° a 30° con respecto a la horizontal (30°).

Volumen de almacenamiento y digestión (V_d , m^3)

$$V_d = \frac{70 * P * fcr}{1000}$$

Donde:

P = Población (56)

fcr = Factor de capacidad relativa dada por la temperatura (23 °C)

$$V_d = \frac{70 * 56 * 0.6}{1000}$$

$$V_d = 2.352 m^3$$

$$V_d = (2.352 m^3) * 3 = 7.056 m^3$$

Para determinar las dimensiones de la tolva de la cámara de digestión se tiene:

$$\tan(30^\circ) = \frac{h_3}{(2/2)}$$

$$h_3 = \tan(30^\circ) * (2/2)$$

$$h_3 = 0.577 m \approx 0.58 m$$

$$\text{sen}(30^\circ) = \frac{h_3}{(hip')}$$

$$hip' = \frac{0.577 m}{(\text{sen}30)}$$

$$hip' = 1.154 m$$

Se determina el volumen de la tolva del digestor. Al ser una pirámide se tiene:

$$V_3 = \frac{1}{3} * (A_b * h_3)$$

$$V_3 = \frac{1}{3} * (x * y * h_3)$$

$$V_3 = \frac{1}{3} * (2 * 4.4 * 0.577)$$

$$V_3 = 1.692 \text{ m}^3$$

Volumen de la parte rectangular del digestor.

$$V_T = V_3 + V_4$$

Donde:

$$V_T = \text{Volumen total del digestor (m}^3\text{)}$$

$$V_3 = \text{Volumen de la tolva del digestor (m}^3\text{)}$$

$$V_4 = \text{Volumen de lodos en la seccion rectangular (m}^3\text{)}$$

$$V_4 = V_T - V_3$$

$$V_4 = (7.056 - 1.692) \text{ m}^3$$

$$(x * y * h_4) = 5.364 \text{ m}^3$$

$$(2 * 4.4 * h_4) = 5.266 \text{ m}^3$$

$$h_4 = 0.609 \text{ m} = 61.0 \text{ cm}$$

La temperatura ambiente es un factor determinante para conocer el tiempo que el lodo tardará en ser digerido en esta cámara. De acuerdo con el PDOT de Santo Domingo de los Tsáchilas se tiene que la temperatura media de la provincia es de 23 °C. Para una temperatura de 23 °C e interpolando el valor requerido se tiene que el tiempo que tomara la digestión de los lodos será de 34 días. Se debe tener en cuenta que para la primera vez que se realice la extracción de lodos se deben hacerlo al doble de tiempo, es decir a los 68 días. La tubería de extracción y de lodos debe tener un diámetro de al menos 200 mm. Solo se extraerá aproximadamente 2/3 de la cantidad de lodo total que existan en la cámara de digestión del tanque Imhoff.

3.5. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL LECHO DEL SECADO

3.5.1 LECHO DE SECADO

Son estructuras que además de ser de precio económico, simplifican la acción de deshidratar los lodos que previamente fueron digeridos en el tanque Imhoff. Al igual que los tanques visualizados previamente, son adecuados para poblaciones pequeñas. Son de diseño sencillo y tiene la función de recoger el lixiviado percolado que sale de los lodos en la parte inferior y en la parte superior se obtiene el lodo seco gracias a la evaporación. Aproximadamente entre el 55% y 80% del lodo digerido se evapora o se

drena hacia abajo donde un canal lo conduce hacia su disposición final. (TILLEY et al. 2018)

Al ser una estructura de poca profundidad y cuyo medio es poroso, facilita el paso de la luz del sol, del viento, la deshidratación y desinfección del lodo. El medio poroso (arena y grava), permite que el lodo se deshidrate por drenaje y por evaporación. (Dodane P, 2014)

3.5.2. MEDIO DE DRENAJE

El medio de drenaje es una capa de ladrillos colocada encima del medio filtrante cuya separación recomendable es de 2 a 3 cm rellena de arena. Bajo los ladrillos se coloca el medio filtrante el cual es la arena con un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm y un coeficiente de uniformidad de entre 2 y 5. La altura que debe ocupar la arena en el lecho de secado para el presente proyecto es de 0.4 metros. Por último, bajo la arena se coloca grava de 0.2 metros de espesor. En la parte central y más inferior del lecho de secado se coloca una tubería para poder recoger el lixiviado. (OPS, 2005)

Los lodos deshidratados permanecen en el lecho de secado hasta que se crea adecuado retirarlos de manera manual o mecánica para darles algún uso productivo (compostaje). (Dodane P, 2014).

Tabla 7. Análisis de lixiviados de lechos de secado.

Parámetro	Unidades	Afluente	Efluente
pH	-	8.2	7.9
Solidos Suspendidos	mg/l	600	290
DQO	mg/l	5600	3600
DBO	mg/l	1350	870

Fuente: (Koné et al., 2007)

3.5.3. VENTAJAS

- Son económicos para instalaciones pequeñas.
- Mantenimiento mínimo.
- Permite obtener un producto final con un alto contenido de sólidos.
- Se puede reparar con materiales disponibles localmente.
- Poco consumo de agua. (Gualoto J, 2016)

3.5.4. DESVENTAJAS

- Requiere grandes superficies si la población a atender es grande.
- Las condiciones climáticas pueden afectar el funcionamiento.

- Puede generar olores, impacto visual y se puede contaminar las aguas freáticas.
- Limitada estabilización y reducción de patógenos.
- Requiere ardua mano de obra para remover los lodos. (Gualoto J, 2016)

La temperatura es un factor que actúa directamente sobre el tiempo que se requiere para que el lodo sea digerido.

Tabla 8. Tiempo requerido para la digestión del lodo.

Temperatura (° C)	Tiempo de digestión (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (Perlaza J, 2016)

Considerar que:

- Dimensiones de largo (6 metros), ancho (2 metros), profundidad (1 metro).
- Altura libre de 0.2 metros
- Altura de grava: 0.3 metros
- Altura de arena: 0.4 metros
- Altura de lodo a tratar: 0.3 metros
- La arena como el medio filtrante debe de tener un tamaño de entre 0.3 y 1.3 mm y su coeficiente de uniformidad debe estar entre 2 y 5
- Bajo la capa de arena se colocará grava graduada de hasta 0,20 m de espesor.

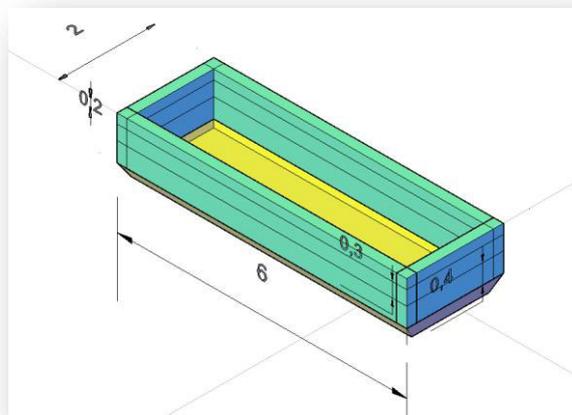


Figura 8: Vista Sur – Este del Lecho de Secado.

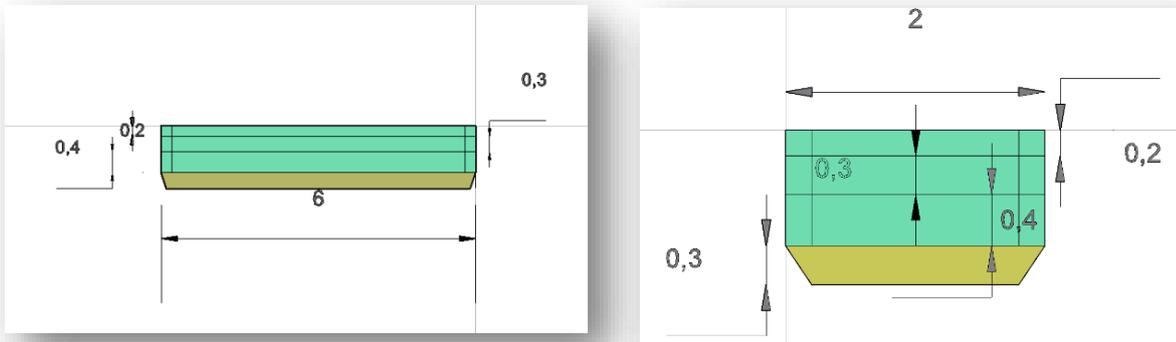


Figura 9: Vista Izquierda del Lecho de Secado. Vista frontal del Lecho de Secado.

Volumen de lodo del tanque Imhoff con proyección al triple = 7.056 m^3

Se determina que el volumen de lodo proveniente del tanque Imhoff considerando que solo se retirará aproximadamente $2/3$ del lodo total para no remover por completo los microbios que realizan la digestión de lodos.

$$V_{lodo} = 7.056 \text{ m}^3 * \left(\frac{2}{3}\right)$$

$$V_{lodo} = 4.704 \text{ m}^3$$

Volumen de lecho para tratar el lodo: $(6 \times 2 \times 0.3) \text{ m}^3$

$$V_{lecho} = 3.6 \text{ m}^3$$

$$\frac{V_{lodo}}{V_{lecho}} = \frac{4.704}{3.6} = 1.31 \approx 2 \text{ lechos de secado}$$

CAPÍTULO IV COSTOS

4.1. MATERIALES PARA UTILIZARSE

Existen dos alternativas de construcción de los tanques y del lecho de secado; el ferrocemento y el hormigón. Se ha considerado que la opción que mejor se ajusta es la de hormigón.

Tabla 9. Materiales requeridos para la implantación del tanque séptico, Imhoff y lecho de secado

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Tubería de PVC	Tubería de 100 mm Φ (Afluente - efluente) del tanque séptico.	1
Tubería de PVC	Tubería de 200 mm Φ para la extracción de lodos del tanque Imhoff	1
Codos de PVC	Codos de desagüe de 90°	7
Tees de PVC	Para que el efluente del tanque Imhoff se distribuya en ambos lechos de secado. Para el tanque séptico	2
Baldes	-	5
Llave de paso	1 para la salida de los galpones. 1 para la salida de las viviendas. 1 a la salida del tanque Imhoff 1 a la salida del tanque séptico. 1 a la salida del lecho de secado	5
Teflón	-	5
Ladrillos	Dimensiones 24x11x5 cm	1 pallet de 500 ladrillos
Saco de cemento	Saco de cemento de 50 kg	10 (8\$)
Arena	De entre 0.3 a 1.3 mm	5 m ³
Grava	Grava graduada entre 1.6 y 51 mm	4 m ³
Varillas	½ a 2 ¼ pulg de diámetro	40
Bombas para aguas residuales	Bomba Agua Sucia Truper	1

Fuente: (Guallasamin,2022)

Tabla 10. Costo de materiales requeridos

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL (USD)
Tubería de PVC	Tubería de 100 mm Φ x 3 m (Afluente - efluente) del tanque séptico.	5	\$ 10.00	\$ 50.00
Tubería de PVC	Tubería de 200 mm Φ x 3m para la extracción de lodos del tanque Imhoff	3	\$ 29.00	\$ 87.00
Codos de PVC	Codos de desagüe de 90°	7	\$ 0.70	\$ 4.90
Tees de PVC	Para que el efluente del tanque Imhoff se distribuya en ambos lechos de secado. Para el tanque séptico	2	\$ 0.80	\$ 1.60
Llave de paso	1 para la salida de los galpones. 1 para la salida de las viviendas. 1 a la salida del tanque Imhoff 1 a la salida del tanque séptico. 1 a la salida del lecho de secado	5	\$1.80	\$ 9.00
Teflón	-	4	\$ 1.40	\$ 5.60
Ladrillos	Dimensiones 24x11x5 cm	1 pallet de 500 ladrillos	\$ 0.25	\$ 125.00
Saco de cemento	Saco de cemento de 50 kg	10	\$ 8.00	\$ 80.00
Arena	De entre 0.3 a 1.3 mm	10 m ³	\$ 19.00 /m ³	\$ 190.00
Grava	Grava graduada entre 1.6 y 51 mm	6 m ³	\$ 23.00	\$138.00
Varillas de acero corrugada	½ a 2 ¼ pulg de diámetro x 6 m	40	\$ 15.60	\$ 624.00
Bomba para lodos y aguas residuales	Bomba Sumergible Agua Sucia Truper 1 1/2hp 110v	1	250	350
			TOTAL	\$ 1665.10

Fuente: (Guallasamin,2022)

CAPITULO V

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1. RESULTADOS

El dimensionamiento de los tanques sépticos e Imhoff, así como el del lecho de secado se realizaron en base al consumo de agua de una población de 50 cerdos que a largo plazo se espera que se incremente en un triple, es por ellos que las mencionadas estructuras se dimensionaron de la misma manera para un triple del volumen de aguas residuales iniciales. El número de personas con que se empezaría la granja porcícola es de seis y este número de la misma manera tiende a incrementarse ya que al alcanzar la población esperada de 150 cerdos, estos demandarán más cuidados y atenciones. La categorización ambiental con la que se inicia el proyecto se actualizará cuando el número de cerdos se incremente pues, si la granja supera las 100 Unidades Porcinas Adultas (UPOAs) se trataría de una Categoría III del Catálogo de Clasificación Ambiental Nacional del MAATE.

Los costos de los materiales nos estimados pues estos varían dependiendo del mercado. De la misma manera se pueden reducir costos de construcción si se puede reducir el número de mano de obra sin prolongar el tiempo de construcción. El costo total de construcción de los tanques es relativamente económico.

El desperdicio de agua potable es un problema que se reduce si se da concientización de este recurso y el funcionamiento general de la granja se apega a la legislación vigente y cumple con ella.

El proceso de digestión anaerobia que se da mayormente en los tanques sépticos e Imhoff genera gases que si se da en grandes cantidades puede ser aprovechada como bio gas, sin embargo, al ser este un caso de una granja con registro ambiental de bajo impacto, se deja aberturas para que el gas no se acumule en dichos tanques.

5.2. CONCLUSIONES

- La instalación o construcción del tanque séptico, Imhoff y del lecho de secado reducen las concentraciones de contaminantes de los purines como lo son; el fósforo, el nitrógeno, y especialmente los sólidos sedimentables y suspendidos. Ningún sistema es 100 % eficiente, sin embargo, para el presente proyecto el trabajo conjunto de las tres estructuras causa que el impacto ambiental de la granja porcícola sea menor que si no existiera ningún sistema de tratamiento y solo se realizase la deposición de efluentes en cuerpos de agua dulce.
- La construcción de un sistema compuesto de un tanque séptico, Imhoff y lecho de secado no solamente da beneficios económicos si no también beneficios sociales pues reducen significativamente los impactos a las poblaciones cercanas a las instalaciones de la actividad productiva porcícola.
- El diseño del sistema comprendido entre el tanque séptico, el tanque Imhoff y el lecho de secado genera menos costos en comparación de sistemas más complejos diseñados para poblaciones de mayor número, o de diferentes diseños.
- Argentina y México poseen, un amplio marco legal y normativo, pues esto se refleja en los elevados niveles de exportación de carne a otros países. En el Ecuador, aunque existen lineamientos a seguir, estos no son los óptimos para aprovechar todo el potencial que tiene el Ecuador, esto, sumado a un bajo nivel de control de parte de las autoridades competentes hacen que no se llegue a los niveles esperados de producción de carne de cerdo.
- El Manual de Buenas Prácticas de Producción Porcícola de México se establece que un adecuado método para tratar los purines y orines que se producen en las granjas porcícolas son las lagunas de oxidación o de tratamiento anaerobio, y aunque este manual coincide en varios puntos con las herramientas y estructuras consideradas en la Guía para el Diseño de Tanque Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización que se utilizó en el presente proyecto como por ejemplo en el principio de tratar de remover los sólidos suspendidos del afluente, y en que no se debe remover completamente los lodos tratados del tanque o laguna para que los microorganismos anaerobios que queden puedan degradar con mayor facilidad y rapidez la nueva materia que llega al tanque. El uso del tanque séptico, Imhoff y lecho de secado en el presente proyecto al ser de hormigón, evita que las excretas o lodos en general contaminen el suelo y aguas superficiales o subterráneas, mientras que en el

manual mexicano se menciona que en la laguna se puede instalar una membrana sintética impermeable y complementar con capas de suelo arcilloso compactado, esto no asegura que el suelo o agua no se contaminen.

- Mediante bibliografía se determina que el lecho de secado no suficientemente óptimo para tratar aguas residuales proveniente de la granja porcícola por si sola, pues su caracterización muestra valores muy superiores por encima de los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental, la utilización previa del tanque séptico que remueve entre un 80% y 90 % de sólidos sedimentables y huevos de anquilostomas y áscaris y el tanque Imhoff reduce entre un 55% y 65% los sólidos suspendidos, el DBO5 entre un 25% y 35% y el DQO entre un 20% y 30%. Estos rendimientos en conjunto hacen que el efluente final del sistema de tratamiento cumpla con los límites máximos establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.

5.3 RECOMENDACIONES

- Se debe considerar la visión de expertos en ingeniería civil para un adecuado diseño de las diferentes estructuras a realizarse.
- Realizar capacitaciones del mantenimiento y operación del tanque séptico, Imhoff y lecho de secado para que pueda cumplir su vida útil proyectada. También es recomendable que el personal tenga conocimientos en temas de buenas prácticas ambientales.
- Realizar caracterización de los desechos como purines y excretas antes y después de ingresar al sistema de tratamiento para determinar la eficiencia real.
- Los lodos que se tienen al final del sistema en el lecho de secado se pueden gestionar como fertilizante para actividades agrícolas.
- Los operarios deben manejar los efluentes de los diferentes tanques en tiempos adecuados que se ajusten a los tiempos de retención del tanque séptico como del Imhoff.
- El terreno donde se instalen el tanque séptico, Imhoff y lecho de secado debe ser estable ya que al ser inestable generarían tensiones en las estructuras causando posibles fracturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón I, (2018). En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región. Recuperado de: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ecuador-gasto-agua-cifras-latinoamerica.html#>
- Álvarez, J. Cubillos, R. Peña, A. (20 octubre 2021). Evolución de la porcicultura en Latinoamérica entre 2010 y 2020. Recuperado de: https://www.3tres3.com/latam/articulos/evolucion-de-la-porcicultura-en-latinoamerica-entre-2010-y-2020_12607/
- Agrocalidad (2012). Guía de Buenas Prácticas Porcícolas. Inocuidad de alimentos. Recuperado de: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/pecu2.pdf>
- Asociación de Porcicultores del Ecuador (2016). Recuperado de: <https://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/12-estadisticas/59-estadisticas-porcicolas-2016>
- Bador. D, Pascual. S, et al., (2020). Guía para la digestión del agua en la explotación porcina. Recuperado de: <https://porcinova.es/publican-guia-gestion-agua-explotacion-porcina/#:~:text=Tal%20y%20como%20informa%20la%20p%C3%A1gina%20web%203tres3%2C,cerdos%20y%20que%20ofrece%20recomendaciones%20para%20su%20optimizaci%C3%B3n.>
- Comunidad Profesional Porcina (6 septiembre 2018). Ecuador: aumento del consumo de carne de cerdo. Recuperado de: https://www.3tres3.com/ultima-hora/ecuador-aumento-del-consumo-de-carne-de-cerdo_39882/#:~:text=El%20consumo%20per%20c%C3%A1pita%20es,los%2017%20y%2020%20kilos
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Decreto Legislativo 0. Reformado: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Dodane P. & Ronteltap M. (2014). Lechos de Secado sin Plantas. Recuperado de: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap7_120ppi.pdf
- Ecocentury. (27 de abril de 2017). Ecocentury Soluciones Ambientales. ¿Cómo funciona un pozo séptico? Recuperado de:

<http://www.ecocentury.pe/blog/funcionamiento-pozo-septico/#:~:text=Un%20pozo%20s%C3%A9ptico%20separa%20y,formando%20una%20capa%20de%20lodo.&text=Este%20proceso%20crea%20gases%2C%20di%C3%B3xido,el%20techo%20del%20pozo%20s%C3%A9ptico.>

- El Comercio (03 octubre 2009). El consumo de carne de cerdo crece en el país. Recuperado de: <https://www.elcomercio.com/actualidad/consumo-carne-cerdo-crece-pais.html>
- El Universo (2020). Consumo de agua potable aumenta en Ecuador debido al aislamiento obligatorio. Recuperado de: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/05/nota/7804908/consumo-agua-potable-aumenta-debido-aislamiento-obligatorio/>
- El Universo, (2020). Consumo de agua potable aumenta en Ecuador debido al aislamiento obligatorio. Recuperado de: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/04/05/nota/7804908/consumo-agua-potable-aumenta-debido-aislamiento-obligatorio/>
- El Universo, (2022). Quito superó su récord de consumo diario de agua potable, con un promedio de 250 litros por cada habitante, según el Municipio. Recuperado de: <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/quito-supero-su-record-de-consumo-diario-de-agua-potable-con-un-promedio-de-250-litros-por-cada-habitante-segun-el-municipio-nota/>
- FAO (2007). Tratamiento excreta cerdos. Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas. Recuperado de: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/excretas%20cerdos.pdf>
- Gualoto J (2016). Propuesta de gestión de lodos residuales municipales. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua residual de la parroquia rural de Nono. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17066/1/CD-7650.pdf>
- Koné, D., Cofie, O., Zurbrügg, C., Gallizzi, K., Moser, D., Drescher, S., Strauss, M. (2007). Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. *Water Research* 41(19), p. 4397-4402.
- La Hora (3 junio 2022). ¿Es real el peligro de escasez de alimentos en el mundo y en Ecuador? Recuperado de: <https://www.lahora.com.ec/pais/peligro-escasez-alimentos-mundo-ecuador/>
- Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Granjas Porcícolas (2016). Recuperado de:

https://acsaa.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_de_Buenas_Prcticas.pdf

- Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas (2004). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/235-manual_porcino.pdf
- Mazón T, (2015). Optimización de una planta de tratamiento de agua Potable para la ciudad de santo domingo de los Tsáchilas. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4783/1/96T00327%20UDCTFC.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (sf). Manual de Bioseguridad –Inocuidad de Alimentos. Recuperado de: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Manual%20de%20Bioseguridad%20Inocuidad%20de%20los%20alimentos.pdf>
- Ministerio de Agroindustria, (2017). Manual de Carne y Huevos - Usos y preparaciones culinarias para el aprovechamiento de la proteína animal. Recuperado de: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/_archivos//160000_Manual%20de%20Carnes%20y%20Huevo.pdf
- Ministerio del Ambiente (2015). Catálogo de Categorización Ambiental. Anexo I. Recuperado de: <https://www.studocu.com/ec/document/escuela-superior-politecnica-de-chimborazo/legislacion-ambiental/catalogo-categorizacion-ambiental-nacional-028/20957853>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, (2015). El Foro Económico Mundial sitúa la crisis del Agua como el mayor riesgo mundial. Recuperado de: <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/515562/#:~:text=El%20Foro%20Econ%C3%B3mico%20Mundial%20sit%C3%BAa%20la%20crisis,del%20Agua%20como%20el%20mayor%20riesgo%20mundial>
- Organización Mundial de Salud (2021). Comprender las dimensiones del problema del agua. Recuperado de: https://onuhabitat.org.mx/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua?fb_comment_id=1919706488040991_2396617700349865
- Organización Panamericana de la Salud (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Recuperado de: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20G

u%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf

- Perlaza J, (2016). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el cantón Rioverde, provincia de Esmeraldas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5679/1/96T00338.pdf>
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, (2019). Decreto Ejecutivo 752. Recuperado de: <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Salas J (16 – nov- 2020). El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño. Recuperado de: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/modesto-tanque-imhoff-fundamentos-y-diseno>
- Secretaría del Agua (18-08-1992). Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX – Obras Sanitarias. Norma para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes. Recuperado de: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal-peninsula-de-santa-elena/enfermeria-comunitaria/norma-agua-apuntes-1/9091859>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (sf). Bioseguridad en Explotaciones Porcinas. Recuperado de: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion_interes/_archivos/170815_Manual%20Bioseguridad%20SENASA.pdf
https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion_interes/_archivos/170815_Manual%20Bioseguridad%20SENASA.pdf
- Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymon, P., Schertenleib, R., Zurbrugg, C. (2018): Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento . Dübendorf (Suiza): Instituto Federal Suizo para la Ciencia y la Tecnología Acuática (Eawag), 2da. edición revisada. Recuperado de: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/tanque-imhoff#:~:text=El%20tanque%20Imhoff%20es%20una,asentado%20en%20la%20misma%20unidad.>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Anexo I del Libro VI.

- Secretaria Nacional de Planificación, (sf). Dirección Zonal de Planificación 4. Recuperado de: <https://www.planificacion.gob.ec/coordinacion-zonal-planificacion-4/>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Santo Domingo de los Tsáchilas (2015). Recuperado de: <https://www.santodomingo.gob.ec/?wpdmpro=pdot-canton-santo-domingo-2030>
- Rosales-Escalante, E. (2005). Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones. Revista Tecnología En Marcha, 18(2), pág. 26. Recuperado a partir de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/205
- University Twente y UNESCO-IHE: Case study: Water footprints of nations, (2007). National water footprint statistics. Recuperado de: <https://www.waterfootprint.org/en/resources/waterstat/national-water-footprint-statistics/>
- Valdelamar J, (2017). México, el quinto país que más consume agua. Recuperado de: <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/mexico-el-quinto-pais-que-mas-consume-agua/>
- 3tres3 (23 febrero 2022). Estimaciones de consumo de carne de cerdo para los principales países de Latinoamérica y del mundo para 2021 y 2022. Recuperado de: https://www.3tres3.com/ultima-hora/estimaciones-de-consumo-de-carne-de-cerdo-en-latinoamerica_47699/

ANEXOS

ANEXO I

CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Arsénico	As	mg/l	0.1
Coliformes fecales	As	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0.1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Colore real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1.5
Demanda Química de Oxígeno	BQO	mg/l	< 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	< 2
Hierro total	Fe	mg/l	1.0
Mercurio	Hg	mg/l	0.006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50.0
Nitritos	NO ₂	Unidades de pH	0.2
Potencial de Hidrógeno	pH	mg/l	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0.01
Selenio	Se	mg/l	0.01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0.2
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100

(Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente)

ANEXO II

LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DULCE (TULSMA ANEXO I RECURSO AGUA)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30.0
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5.0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Colore real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/020
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	C	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	BQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fósforo Total	P	mg/l	10.0
Hierro Total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso Total	Mg	mg/l	2.0
Materia flotante	Visible	-	Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50.0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial Hidrogeno	pH	-	6-9

Selenio	Se	mg/l	0.1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO_4^{-2}	mg/l	1000
Sulfuros	S^{-2}	mg/l	0.5
Temperatura	°C	-	Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas de azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0

(Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.