



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Ingeniería Química y Nuclear

Diseño de una EDARI para la industria cárnica  
( $Q=100\text{m}^3/\text{dia}$ )

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Seguridad Industrial y Medio Ambiente

AUTOR/A: López Moncholí, Jaime

Tutor/a: Iborra Clar, María Isabel

Cotutor/a: Iborra Clar, Alicia

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Máster en Seguridad Industrial y Medioambiente.

*Trabajo Final de Master*

## ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA EDAR PARA LA INDUSTRIA CÁRNICA

Curso 2021-2022

Autor: Jaime López Moncholí

Tutora: Maria Isabel Iborra

## Resumen

En este trabajo de fin de máster, se pretende diseñar un proceso industrial eficiente para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de empresas cuya actividad principal sea la cría de ganado porcino, concretamente que ejerza la estabulación, sacrificio y despiece de cerdos. Estos productos se suministran luego a otras empresas las cuales se encargan de la fabricación de subproductos.

Durante este trabajo, se intentará aportar una visión objetiva del gran impacto que tiene esta industria en el medio ambiente, se plantearán soluciones para minimizar este impacto y se diseñará una estación depuradora para un caudal de 100m<sup>3</sup>/día. Además, se darán a conocer nuevas tendencias dentro de la industria que la hacen más sostenible, también se indagará en la normativa y el marco legal de emisiones de contaminantes a la red pública de aguas y se realizará un presupuesto de la instalación.

**Palabras clave:** Industria cárnica, purines, aguas residuales industriales, huella de carbono.

En aquest treball de fi de màster, es pretén dissenyar un procés industrial eficient per al tractament d'aigües residuals, provinents d'empreses l'activitat principal de les quals sigui la cria de bestiar porcí, concretament que exerceixi l'estabulació, el sacrifici i l'especejament de porcs. Aquests productes se subministren després a altres empreses que s'encarreguen de la fabricació de subproductes.

Durant aquest treball, s'intentarà aportar una visió objectiva del gran impacte que té aquesta indústria al medi ambient, es plantejaran solucions per minimitzar aquest impacte i es dissenyarà una estació depuradora per a un cabal de 100m<sup>3</sup>/dia. A més, es donaran a conèixer noves tendències dins de la indústria que la fan més sostenible, també s'indagarà a la normativa i el marc legal d'emissions de contaminants a la xarxa pública d'aigües i es farà un pressupost de la instal·lació.

**Paraules clau:** Indústria càrnia, purins, aigües residuals industrials, empremta de carboni

In this master's thesis, the aim is to design an efficient industrial process for the treatment of wastewater, coming from companies whose main activity is the raising of pigs, specifically that exercise the housing, slaughter and cutting of pigs. These products are then supplied to other companies which are responsible for the manufacture of by-products.

During this work, we will try to provide an objective view of the great impact that this industry has on the environment, solutions will be proposed to minimize this impact and a treatment plant will be designed for a flow rate of  $100\text{m}^3 / \text{day}$ . In addition, new trends within the industry that make it more sustainable will be announced, the regulations and legal framework of pollutant emissions to the public water network will also be investigated and a budget for the installation will be made.

**Keywords:** Meat Industry, slurry, industrial wastewater, carbon footprint.

## Índice

Resumen .....	2
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras .....	8
Definiciones .....	9
1. Introducción .....	11
2. Justificación .....	14
2.1. Justificación técnica.....	14
2.2. Justificación académica.....	16
3. Objetivos.....	18
4. Marco legal .....	20
4.1. Autorización Ambiental Integrada (AAI) .....	20
4.2. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR .....	21
4.3. Emisiones de efecto invernadero.....	22
4.4. Estándares de la calidad de la carne .....	23
5. Marco teórico.....	25
5.1. El sector de la alimentación .....	25
5.1.1. El sector de la alimentación en Europa.....	25
5.1.2. Sector de la alimentación en España.....	26
5.2. La industria cárnica.....	28
5.2.1. La industria cárnica en España.....	28
5.2.2. La industria porcina en España .....	30
5.3. Porcicultura.....	34
5.3.1. Materia prima.....	34
5.3.2. Razas porcinas y mejoramiento genético .....	35
5.3.3. Denominaciones de origen Protegidas .....	38
5.3.4. Consideraciones del sector.....	40
5.3.5. Sociología del sector. ....	40
5.4. Procesos de la industria cárnica .....	42
5.4.1. Hidratación del ganado.....	42
5.4.2. El proceso del sacrificio .....	48
5.4.3. Limpieza de las instalaciones .....	61

6.	Diseño de la Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR .....	63
6.1.	Requisitos de diseño .....	63
6.2.	Estación Depuradora de Aguas Residuales para productos cárnicos .....	64
6.2.1.	Pretratamiento.....	64
6.2.2.	Tratamiento biológico .....	68
6.3.	Cálculos para el tratamiento biológico .....	72
6.3.1.	Datos de partida: .....	72
6.3.2.	Balance de materia al decantador primario.....	73
6.3.3.	Producción neta: $\Delta x$ .....	74
6.3.4.	Volumen del reactor anóxico/aerobio.....	74
6.3.5.	Carga Másica .....	74
6.3.6.	Recirculación externa .....	74
6.3.7.	Recirculación interna: .....	74
6.3.8.	Cálculo de la necesidad de $O_2$ .....	75
6.3.9.	Caudal de fango en la purga.....	75
6.4.	Consideraciones finales.....	76
	.....	78
7.	Estudio de viabilidad económica para la Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR.....	79
7.1.	Inversión inicial .....	79
7.2.	Costos de la explotación.....	81
7.3.	Ingresos y productividad .....	81
7.4.	Indicadores de rentabilidad .....	82
8.	Conclusiones .....	84
	Bibliografía.....	85

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> requerimientos fisicoquímicos que deben estar presentes en los subproductos cárnicos .....	24
<b>Tabla 2</b> Producción en toneladas de carne en España durante los últimos 10 años reportados .....	29
<b>Tabla 3</b> Número de explotaciones de ganado porcino por sistema productivo en España	32
<b>Tabla 4</b> Número de explotaciones porcinas según su clasificación zootécnica.....	33
<b>Tabla 5.</b> Requerimientos de agua diarios del animal .....	42
<b>Tabla 6.</b> Características del agua para suministro .....	47
<b>Tabla 7</b> Necesidad de O <sub>2</sub> para la eliminación de la materia orgánica (gO <sub>2</sub> /gDBO <sub>5f</sub> ).....	75
<b>Tabla 8</b> Resumen final de los datos obtenidos. ....	77
<b>Tabla 9.</b> Coste de equipos.....	79
<b>Tabla 10.</b> Coste de instalación .....	80
<b>Tabla 11.</b> Coste de ejecución material.....	80
<b>Tabla 12.</b> Coste de ejecución por contrata .....	80
<b>Tabla 13</b> Proyección de costos a 5 años .....	81
<b>Tabla 14</b> Proyección de la producción e ingresos a 5 años .....	82
<b>Tabla 15</b> Proyección Flujo de caja a 5 años .....	82
<b>Tabla 16</b> Indicadores de rentabilidad.....	83

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Cabezas sacrificadas de animales en producción .....	26
<b>Figura 2</b>	Distribución de la industria alimentaria por sectores.....	27
<b>Figura 3</b>	Representación económica por subsectores en España .....	27
<b>Figura 4</b>	Clasificación por influencia económica de los sectores productivos de España	28
<b>Figura 5</b>	Ilustraciones comparativas entre porcinos de diferentes décadas.....	35
<b>Figura 6</b>	Imagen de un macho de raza Large White Yorkshire .....	36
<b>Figura 7</b>	Imagen de un macho de raza Landrace .....	36
<b>Figura 8</b>	Imagen de un macho de raza Duroc .....	37
<b>Figura 9</b>	Imagen de porcinos de raza Cerdo Ibérico.....	38
<b>Figura 10.</b>	Bebedero de nivel constante .....	43
<b>Figura 11.</b>	Bebedero tipo chupete .....	44
<b>Figura 12.</b>	Chupete tipo pulverizador .....	45
<b>Figura 13.</b>	Elaboración casera de productos de la matanza del cerdo .....	49
<b>Figura 14.</b>	Vehículo de transporte con rampa hidráulica y ventilación forzada. ....	51
<b>Figura 15.</b>	Ejemplo de carne PSE .....	52
<b>Figura 16.</b>	Ejemplo de carne DFD .....	52
<b>Figura 17.</b>	Combinación suelo emparrillado y hormigón.....	54
<b>Figura 18.</b>	Túnel flagelador. ....	57
<b>Figura 19.</b>	Cortes comestibles del cerdo .....	60
<b>Figura 20.</b>	Proceso de desbaste en una EDAR .....	65
<b>Figura 21</b>	Tipo de tamizado dinámico o rotativo .....	66
<b>Figura 22</b>	sistema de sedimentación y flotación de partículas.....	68
<b>Figura 23</b>	Zonas o procesos biológicos presentes en una EDAR.....	70
<b>Figura 24</b>	Esquema de funcionamiento de fangos activos junto a un decantador secundario .....	71
<b>Figura 25</b>	Diagrama de flujo de la instalación diseñada ..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 26</b>	Diagrama de flujo de la instalación diseñada .....	78

## Definiciones

Agua subterránea:	Se refiere a todas las aguas que se pueden encontrar debajo de la superficie del suelo o en la zona de saturación y que está en contacto directo con el subsuelo
Autorización ambiental integrada.	Es la resolución de un órgano competente de una comunidad autónoma relacionada con la ubicación de la instalación y que permite la protección del medio ambiente, y garantizan la salud de las personas, adicionalmente, esta autorización permite explotar la totalidad o parte de una instalación que se encuentre bajo ciertas condiciones que garantizan que se cumplan los objetivos o disposiciones de dicha ley
Contaminación.	Introducción directa o indirecta, de voluntaria o involuntaria mediante una actividad humana de sustancias, calor, vibración o ruido a la atmósfera, el agua o el suelo, esta perturbación puede tener efectos perjudiciales para la salud humana o afectar la calidad del medio ambiente y adicionalmente puede causar daños a bienes materiales, o perjudicar y deteriorar el medio ambiente
Derivados cárnicos.	Productos alimenticios que están preparados total o parcialmente de carnes o menudencias de animales destinados a este uso
EDAR	Acrónimo de Estación Depuradora de Aguas Residuales, Infraestructuras dedicadas a la depuración de aguas residuales con una función básica de recoger el agua de una población o una industria y reducir su contaminación a través de ciertos procesos o tratamientos
Emisión	Expulsión a la atmósfera, el suelo o agua de sustancias, calor o ruidos de forma directa o indirecta, voluntaria o involuntaria de una fuente puntual o de una fuente difusa de cualquier instalación
Industria cárnica.	Conjunto de ganadería industrializada dedicada a la producción, transformación, preservación, empaquetado y comercialización de carne

Inspección Ambiental	Acciones que son realizadas por una autoridad competente o el nombre de esta para fomentar, asegurar y comprobar que las instalaciones o las condiciones ambientales sean adecuadas y la repercusión ambiental que éstas tienen, las inspecciones incluyen las visitas a in situ, la medición de emisiones, comprobación de informes internos o documentos de seguimiento y la verificación y comprobación de las técnicas usadas para la gestión ambiental en la instalación
Instalación	Unidades técnicas o infraestructuras fijas donde se desarrolla una o más actividades industriales y actividades directamente relacionadas con interés técnicas que pueden tener repercusiones sobre la emisión y contaminación.
Sustancia	Elemento químico o compuesto que puede ser utilizado y liberado de manera voluntaria para la comercialización de y desarrollo del producto final.
Transformación	Acción que alteran sustancialmente un producto inicial, esto incluye cualquier tratamiento térmico, curado, maduración, marinado, extracción o combinación de dichos procesos

# 1. Introducción

Las estaciones depuradoras de aguas residuales o EDAR, son un conjunto de instalaciones cuyo objetivo es la reducción de la contaminación de las aguas residuales y que estas entren en límites aceptables para un cauce receptor, adicionalmente, se busca que, los fangos producidos en los procesos de depuración sean tratados, para que se pueda conseguir un producto que tenga unas condiciones mínimas exigidas para tener un aprovechamiento agrícola, de vertedero o compostaje. Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, (2021) en España, las EDAR están compuestas por tres factores principales: Primero, la línea de agua, que agrupa todos los procesos o tratamientos que permiten eliminar partículas flotantes del agua, homogenizar y mejorar los efluentes; segundo, la línea de fango, donde se pretende estabilizar, espesar, y deshidratar este producto para facilitar su uso, y por último, la línea de gas, que está relacionada con la obtención de energía renovable a través del biogás.

Convencionalmente, el tratamiento de aguas residuales, está basado en una combinación de procesos físicos y biológicos que permite eliminar sólidos, materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales, estos tratamientos convencionales se asignan en orden creciente, es decir tratamiento preliminar, primario, secundario, terciario y tratamiento avanzado; en el tratamiento convencional de aguas, el proceso de tratamiento secundarios es el ideal o el clave ya que consiste en un tratamiento biológico a través de la utilización de tipos mixtos de microorganismos en un ambiente controlado, los procesos biológicos aeróbicos y anaeróbico permiten tener un óptimo tratamiento para la activación, oxidación y estabilización del agua (Jasim, 2020).

Según la organización iAgua, (2017), encargada de medir las empresas del sector de agua en España y Latinoamérica, informaron que para el 2013, en España, se pudieron encontrar alrededor de 2125 estaciones depuradoras de aguas residuales, con un 98.62% de cobertura en el tratamiento primario, y un 95% de tratamiento secundario, la comunidad de Andalucía tenía la mayor representación de infraestructura seguido la comunidad de Castilla-La Mancha, y la comunidad de Valencia.

El tratamiento de aguas residuales reduce los contaminantes que llegan a ser una amenaza para la población y el medio ambiente, se ha demostrado que, los países más desarrollados están enfocados en establecer procesos de tratamiento más eficientes o en la adquisición de tecnologías que permitan satisfacer la demanda de agua a través de estos procesos, mientras que, los países en vía de desarrollo no cuentan con la estructura necesaria o con la concientización de la importancia que tienen estos centros de tratamiento de agua (Mallik et al., 2018).

Se ha demostrado que estas estaciones de tratamiento llegan a ser rentables en producciones, debido a que adicional a mejorar la calidad del agua, también pueden

aprovecharse de los subproductos y especialmente la venta de gas, por lo tanto, estas estaciones pueden encontrarse en el municipio, como parte adjunta a los entes gubernamentales, pero también pueden estar presentes en producciones privadas, (Balmér & Hellström, 2012) como lo es el caso de la industria cárnica.

En la mayoría de países alrededor del mundo, la industria en el procesamiento de la carne, genera grandes cantidades de agua residual, por lo tanto, es una de las principales industrias que requieren tratamiento considerable para poder descargar su impacto al medio ambiente; durante todo el proceso de alistamiento de la carne, se pueden acumular factores que impactan negativamente al ambiente, sin embargo, la eliminación de agua es la mayor problemática, en la actualidad, la industria cárnica ha sido calificada, una de las industrias con más daño al medio ambiente debido al mal manejo de aguas residuales (Yapicioğlu, 2018).

Makara et al., (2015), muestra que cada año, se producen cerca de 18 millones de toneladas de residuos a partir de los procesamientos cárnicos en la Unión Europea, adicionalmente, se puede estimar, que en países como Polonia, la cantidad de agua residual que se produce durante el procesamiento de la carne llega a 1 millón m<sup>3</sup> por año, y estas presentan una gran cantidad de materia orgánica, compuestos de nitrógeno y fósforo lo que causa grandes dificultades al momento de hacer un tratamiento biológico y cumplir con las directrices establecidas por la unión europea. La importancia de realizar un correcto tratamiento de los efluentes provenientes de la industria cárnica es debido a su gran impacto en la desoxigenación de los ríos y en la contaminación de otras aguas subterráneas, como ya se mencionó antes, el agua que sale de esta industria tiene una alta concentración en materia orgánica y sólidos suspendidos, lo que tiene un efecto muy contaminante y adicionalmente un nivel de dificultad de tratamiento mayor, además del olor desagradable que desprende.

Existen diferentes métodos de procesamiento de agua residual, principalmente, se enfocan en el tratamiento de las sustancias orgánicas como virus, bacterias y patógenos, pero adicionalmente, en la industria cárnica, se debe incluir el uso de detergentes o desinfectantes que son comunes en las actividades de limpieza, para poder hacer una correcta reducción en cuanto al contenido orgánico y microbiano de esta agua, en la mayoría de procesos se utilizan biológicos como lodos activados, estanques de estabilización y reactores aeróbicos (Davarnjad & Nasiri, 2017).

El sector de la alimentación, y todas las actividades del sector primario, como silvicultura, ganadería, agricultura y pesca tienen un gran impacto e importancia en cualquier parte del mundo, el procesamiento de la carne es un proceso que no se puede evadir, y es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, existen sistemas eficientes y económicos que pueden ser suficientes para tener un buen procesamiento cárnico pero adicionalmente tratar el agua, también existen procesos que necesitan una alta infraestructura, requisitos de energía y especialmente tiempos de retención prolongada lo que causa grandes volúmenes de lodo, también existen procesos que utilizan digestión

anaeróbica, o un alto consumo de energía, todos los métodos biológicos, y tratamientos físicos y químicos de aguas residuales son aceptados siempre y cuando cumplan con la finalidad para la cual fueron creados.

Consecuentes con lo anteriormente descrito, el objetivo de la presente investigación es realizar un estudio y un diseño de una estación depuradora de agua residuales EDAR aplicable y adecuada en la industria cárnica.

## 2. Justificación

### 2.1. Justificación técnica

En este apartado, se profundizará en la relación que mantiene este trabajo con los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Los ODS adoptados por los estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas en 2015 son un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger al planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030.

Actualmente, la sociedad está cada vez más concienciada con el medio ambiente, más a menudo, se adoptan nuevos protocolos para ayudar al planeta, la clase política está cada vez más concienciada, o es intentan hacer ver, porque el ciudadano medio también lo está.

Este trabajo tiene una estrecha relación con el medio ambiente, además de la índole del máster que se está cursando, la industria cárnica está directamente ligada con los recursos que la tierra ofrece, alimento y agua con el que crecerán los animales de los que posteriormente se extraerá su carne para el consumo, por lo que es esencial explotarlos de una manera sostenible.

Debería de ser un proceso cíclico, si existiera una balanza de la justicia medioambiental, nosotros los consumidores, por los que la naturaleza sufre un expolio continuo, deberíamos devolver a la naturaleza lo que le hemos arrebatado. Si hubiera un balance de energías real, parte de la vitalidad que obtenemos, en este caso de la carne, la deberíamos utilizar para reponer el daño causado, esto no está ocurriendo y le podemos poner el nombre que queramos, karma, justicia divina o simplemente mala suerte, pero lo estamos pagando.

Estamos sufriendo de lleno las consecuencias de este desbalance, las temperaturas de este verano han sido insoportables y los partes meteorológicos de los próximos veranos son poco esperanzadores, la pérdida de biodiversidad es cada vez mayor y la escasez de alimentos aumenta sobre todo en países en desarrollo, incluso se ha acuñado un término, refugiados climáticos, personas que escapan de zonas donde estas consecuencias son más acusadas, pero se me permita el atrevimiento, pese a los constantes intentos de millonarios frustrados, no podemos escapar del planeta en el que vivimos.

Hemos explorado algunas de las consecuencias del extremo antropocentrismo que nos caracteriza, ahora pasaremos a las soluciones planteadas en los ODS para cumplir la agenda 2030 en los que se puede incluir este trabajo de final de máster.

En primer lugar, se ha querido enfocar este trabajo en una pequeña empresa, como se comentará posteriormente, la mayoría de las empresas de este sector son Pymes, y se encuentran en la España vaciada, normalmente el oficio es familiar, pasando de padres a hijos siendo por lo general personas con un nivel académico bajo. Lo que saben hacer lo hacen bien pero no lo pueden hacer mejor, en parte por falta de formación y en parte por falta de medios.

Por ello, con este TFM se ha querido ofrecer a este tipo de empresas una alternativa, fácil y con poco artificio para poder equilibrar la balanza y devolverle poco a poco al medio ambiente el préstamo que nos ha hecho. Ahora se relacionará este trabajo con los ODS:

**Objetivo 2**, Lucha contra el hambre: En 2015 volvieron a aumentar los indicadores de prevalencia de desnutrición, el 8.9% de la población mundial, pasa hambre, la producción alimentaria sostenible es crucial para mitigar los riesgos del hambre, en esta instalación se están fabricando productos comestibles que podrían satisfacer las necesidades alimentarias de las poblaciones más cercanas de esta forma se estaría apoyando a un pequeño productor que podría prosperar aumentando su capacidad productiva.

**Objetivo 3**, Salud y bienestar: La carne de cerdo contiene proteínas de alto valor biológico y es fuente de minerales esenciales como el potasio, fósforo, hierro y zinc, además de ser rica en vitaminas del grupo B, las cuales ayudan al correcto desarrollo de los huesos y ayudan al sistema inmune entre muchos otros beneficios, al contrario de lo que la gente piensa, solo contiene 2.4 gramos de grasas saturadas menos del 10% para el consumo diario de un adulto medio según lo que recomienda la OMS, por todo esto promover este producto puede ayudar a la salud de las personas y a mantener una dieta equilibrada.

**Objetivo 6**, Agua potable y saneamiento: En todo el mundo una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, además más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas acaban vertiéndose en el mar, en este trabajo se ha planteado una estación depuradora de aguas residuales en la cual se asegurará que las aguas provenientes de esta instalación se les de un tratamiento adecuado y se vuelvan a utilizar.

**Objetivo 8**, Empleo digno y crecimiento económico: Al ubicarse la empresa en una zona despoblada como puede ser un pueblo de Extremadura, se está promoviendo el crecimiento económico, además de necesitar un personal más cualificado que pueda realizar las mediciones y comprobaciones pertinentes del estado del agua y de la instalación, por lo que se está abriendo una puerta al empleo.

**Objetivo 9, Innovación e infraestructuras:** El cerdo es un animal capaz de crecer prácticamente en cualquier entorno, por lo que no sería descabellado pensar que esta instalación se podría llevar a cabo también en un país en vías de desarrollo en el que se pueda introducir este tipo de tecnología seguramente desconocida para la gente corriente, creando así una industrialización objetiva y sostenible junto con la innovación de las técnicas de depuración existentes allí donde se traslade la instalación.

**Objetivo 12, Producción y consumo responsable:** Con este objetivo se busca frenar la degradación medioambiental a través de no desperdiciar productos en los cuales se ha invertido recursos naturales en fabricar y/o procesar. Se dice que del cerdo hasta los andares y no es por nada, el cerdo es un animal del que se aprovecha casi la totalidad de sus partes por lo que es un animal sostenible y sin desperdicio.

**Objetivo 14 y 15, Conservación de fauna y flora acuática y terrestre:** Estos dos puntos se han fusionado debido a la estrecha relación que tiene con el proceso diseñado, con esta instalación, nos aseguramos de que el agua residual no termina vertida en una fuente natural pudiendo afectar a los animales que viven en el entorno.

## **2.2. Justificación académica.**

La finalidad académica de este trabajo es demostrar que se han adquirido los conocimientos y competencias suficientes durante el máster como para poder obtener el título de Máster en seguridad industrial y medio ambiente, aplicando los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas impartidas. Por otro lado, este trabajo de fin de máster debe servir para demostrar que se ha adquirido un nivel adecuado en las competencias transversales que se han añadido en los últimos años en la UPV. Algunas de estas competencias son, conocimiento de problemas contemporáneos, aplicación y pensamiento crítico, análisis y resolución de problemas, diseño y proyecto, entre muchas otras.



### 3. Objetivos

El tratamiento de aguas residuales reduce los contaminantes que llegan a ser una amenaza para la población y el medio ambiente, se ha demostrado que, los países más desarrollados están enfocados en establecer procesos de tratamiento más eficientes o en la adquisición de tecnologías que permitan satisfacer la demanda de agua a través de estos procesos. En este trabajo de fin de máster, se pretende diseñar un proceso industrial eficiente para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de empresas cuya actividad principal sea la cría de ganado porcino, concretamente que ejerza la estabulación, sacrificio y despiece de cerdos.

A medida que se realizaba el trabajo, se intentó dar una visión objetiva del impacto que tiene dicha industria en el medio ambiente, así como soluciones óptimas para minimizar este impacto, dentro de la principal solución, fue el diseño de una estación depuradora para un caudal de 100m<sup>3</sup>/día.

Para poder llevar a cabo el diseño de esa estación depuradora se tuvo en cuenta el marco legal que regula el sector, especialmente la importancia de la autorización ambiental integrada, que permite establecer condiciones ambientales para poder explotar un complejo industrial bajo determinadas condiciones, también se incluye el registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes y los estándares de calidad de la carne porcina.

Luego de conocer el Marco legal que regula el sector porcino y las indicaciones de las condiciones ambientales, se realiza un análisis de antecedentes, primero del sector de la alimentación en Europa y en España, segundo de la industria cárnica en España, la cual ocupa la primera posición en cuanto a la rama manufacturera del sector industrial con un volumen de negocio de 126,354 millones de euros; y por último, los antecedentes teóricos de los aspectos relacionados a las aguas residuales generadas por las actividades de la industria de la carne.

Una vez consultados los antecedentes teóricos, se procede a diseñar la estación depuradora de aguas residuales, la cual está compuesta por dos fases: primero, el diseño de la estación donde se especifica el diagrama de flujo del diseño de la instalación y los cálculos necesarios para el tratamiento biológico, estos cálculos incluyen el balance de la materia prima, la producción neta, el volumen del reactor, la recirculación tanto externa como interna, el cálculo de OII y el caudal de fango en la purga

La segunda fase, está relacionada con la viabilidad económica de la estación depuradora, la cual especifica el necesario mínimo para una inversión inicial los costos de la explotación con una proyección a cinco años y los indicadores de rentabilidad basados en la tasa interna de retorno y el valor actual neto.

Se puede decir que la industria cárnica es una de las industrias con mayor carga ambiental especialmente porque son altamente contaminantes en el agua, desde el gasto de agua al momento de la producción y del sacrificio, así como la carga de materia orgánica que el agua residual lleva debido a estos procesos, por lo tanto, es importante desarrollar estrategias que minimicen el uso del agua, pero especialmente estrategias que permitan la reutilización del agua y la entrada de esta a un cauce público cumpliendo con los estándares de calidad de agua

Además se han planteado los siguientes objetivos específicos.

- Conocer los aspectos relacionados con la industria porcina y el sector de la alimentación en España y su impacto en el medio ambiente.
- Acercar el diseño de la instalación al cumplimiento de los ODS.
- Investigar las condiciones necesarias para poder implementar adecuadamente un sistema de tratamiento de aguas
- Describir los componentes de una EDAR, sus funciones y las características que se necesitan para que cumpla con su función.

## 4. Marco legal

Para poder ser claros en cuanto a la funcionalidad de las estaciones depuradoras de aguas residuales se debe tener en cuenta la normativa y directrices que los rigen, dentro de estas, la normativa relacionada con la autorización ambiental integral AAI, el registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes PRTR, y los estándares de la calidad de la carne, los cuales serán expuestos a continuación:

### 4.1. Autorización Ambiental Integrada (AAI)

La autorización ambiental integrada puede verse como una resolución donde se establecen las condiciones ambientales para poder explotar parte de un complejo industrial bajo determinadas condiciones, pero a su vez, puede ser vista como una figura administrativa que motiva a las grandes, medianas y pequeñas industrias a adoptar medidas sostenibles para poder minimizar su impacto al medio ambiente, esta normativa AAI nace de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. Históricamente, desde 1967 se aprobó la primera directiva de carácter ambiental para garantizar la protección y conservación del medio ambiente, luego de esto, dicha directiva evolucionó hasta la Ley 16/2002, cuyo objetivo era evitar mayormente posible o controlar la contaminación de la atmósfera, el agua y el suelo, a través de un sistema de prevención y control de la contaminación para poder tener una mejor protección al medio ambiente.

La ley 16/2002 actualmente se encuentra derogada, debido a la evolución que ha tenido la comunidad europea en cuanto a las emisiones industriales, en la actualidad, el Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, es el que rige las emisiones industriales, adicionalmente aprueba el texto refundido sobre la ley de prevención y control integrado a la contaminación, y adicionalmente articula las directrices españolas con la de con la comunidad europea.

El Real decreto predispone que las instalaciones que deben ser sometidas a una autorización ambiental integrada son todas aquellas instalaciones de combustión, como la refinerías, coquerías, carbón, producción y transformación de metales, industrias minerales, químicas, textiles, o del cuero, industrias que traten los residuos, que conservan la madera hacen captura del CO<sub>2</sub> o tratamiento de aguas o Las estaciones depuradoras de aguas residuales o EDAR.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, (2018) las EDAR deben controlar, como mínimo, los siguientes aspectos (que están incluidos en la AAI):

- Valores límite de emisión de contaminantes (VLE), o cualquier parámetro o medida técnica que equivalga.
- Protección de suelo y aguas subterráneas.
- Procedimientos o métodos para gestionar los residuos puntos instrucciones para minimizar la contaminación transfronteriza en caso de que proceda.
- Procedimientos para realizar el tratamiento y control de las emisiones.
- Medidas para asegurar el cese de las actividades o el cierre de las instalaciones.
- Sistema de notificación o información constante para las autoridades competentes.
- Condiciones o guías de evaluación para garantizar el cumplimiento de los valores límites de emisión.
- Descripción de los diferentes titulares de la explotación y las responsabilidades de los mismos

Es importante que la AAI sea aplicada, ya que es una manera de simplificar las gestiones y mejorar los procesos administrativos y de gestión de residuos en la EDAR, también garantiza que haya una coordinación con las otras administraciones públicas que permiten procesos de concesión, contribuye a la reducción de los residuos, o favorece la utilización de los recursos y adicionalmente tiene un enfoque preventivo para garantizar un buen impacto en el medio ambiente y prevenir la contaminación.

## **4.2. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR**

El registro estatal de misiones y fuentes contaminantes PRTR nace a partir del Consejo de la Unión Europea y el Parlamento Europeo con el Reglamento (CE) nº 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo., (2006). Dicho reglamento tiene el objetivo de facilitar a todos los ciudadanos la situación y evolución que tiene el medio ambiente, pero también, aumentar la conciencia medioambiental, y escoger la solución más eficaz para reducir la contaminación, este protocolo registro estatal de misiones y fuentes contaminantes a nivel europeo.

En España, este registro es reglamentado por el Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-

PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas, (2007) El cual adopta los protocolos de la Comisión económica de las naciones unidas para Europa CEPE/ONU, sobre los registros de emisiones, la transferencia de contaminantes y la participación pública. El Real decreto establece normas adicionales para poder suministrar información necesaria que permita cumplir con los reglamentos europeos del Parlamento Europeo y del Consejo, también muestra información relativa en cuanto a las autorizaciones ambientales integradas y otras informaciones adicionales que están en coherencia con el ministerio del medio ambiente.

Dentro de las actividades industriales, instalaciones o complejos que deben cumplir con los requerimientos de información ambiental se encuentra en todas aquellas instalaciones de combustión, lo que incluye la refinerías de petróleo y gas, todas las instalaciones de producción y transformación de metales o industrias minerales, la industria química, de papel y cartón, textil y del cuero, y la industria agroalimentaria o de ganadería, lo que incluye mataderos, infraestructura dedicada a la fabricación de productos alimenticios a partir de la materia prima animal, instalaciones destinadas a la cría intensiva, y explotaciones mixtas.

Dentro del PRTR se incluyen todos los métodos de mediciones y cálculos para las explotaciones ganaderas, lo que incluye la estimación de emisiones de amoniaco y nitrógeno en granjas porcinas, la normativa aclara:

- Si en la instalación conviven cerdos de diferentes categorías productivas, se debe dividir el número de plazas entre el número de categorías que existan en toda la instalación.
- El total de los animales de la granja no puede superar el número de plazas autorizadas.
- Se deben dejar de lado las emisiones derivadas del extendido de estiércol.

### **4.3. Emisiones de efecto invernadero**

El procedimiento para realizar tratamiento de aguas residuales está acompañado de grandes cantidades de energía y la emisión de diversos gases que pueden causar efecto invernadero potencialmente dañino, por lo tanto, la normativa que regula las emisiones de gases de efecto invernadero también debe ser aplicado a las estaciones depuradoras de aguas residuales.

Históricamente, la regulación del régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero aparece en España en 2004, con posteriores reformas en 2005 para el impulso a la productividad y mejorar la contratación pública, y se incorporan al ordenamiento jurídico de España, diferentes directivas comunitarias para los productos energéticos y electricidad. En el 2010 se realizó la modificación a la ley con la finalidad

de regular el régimen del del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Solo hasta 2011 con el Real Decreto 301/2011, de 4 de marzo, sobre medidas de mitigación equivalentes a la participación en el régimen de comercio de derechos de emisión a efectos de la exclusión de instalaciones de pequeño tamaño, (2011) Inician las primeras directrices para mitigar el daño ambiental.

Actualmente, se puede encontrar la Ley 9/2020, de 16 de diciembre, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para intensificar las reducciones de emisiones de forma eficaz en relación con los costes, (2020). Cuyo objetivo es regular el régimen de comercio de derechos de las emisiones de gases de efecto invernadero, e identifica intensificar la reducción de la emisión de estos gases de una forma eficaz en relación con los costes, es decir ser económicamente eficientes.

#### **4.4. Estándares de la calidad de la carne**

Por último, y bajo la premisa de realizar un diseño de una EDAR para la industria cárnica, se deben tener en cuenta las normativas relacionadas con los estándares de calidad de la carne, en España, actualmente se encuentra el Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos, (2014). Cuyo objetivo es establecer las características que los derivados cárnicos deben tener en función del tratamiento al que fue sometido, la composición, calidad, y etiquetado, y fundamentalmente, un sistema de etiquetado e identificación. Esta normativa aplica a todos aquellos procesos que con llevan a la elaboración de derivados cárnicos y la comercialización en todo territorio español, exceptuando, aquellos derivados dedicados a la exportación.

La calidad de la carne tienen factores esenciales de composición, dentro de los ingredientes esenciales de los derivados cárnicos, se especifica que deben tener mínimo un ingrediente de carne, tocino o grasa, sangre o sus componentes, y menudencias o tripas naturales, adicionalmente, pueden tener algunos ingredientes facultativos y de calidad mínima que es agua, licores, aceites comestibles, proteínas lácteas, gelatinas comestibles, o azúcares, también deben tener unas características fisicoquímicas que se exponen en la tabla 1.

**Tabla 1** requerimientos fisicoquímicos que deben estar presentes en los subproductos cárnicos

	<b>Humedad/ proteína</b>	<b>Proteínas libres de colágeno – g/100 g</b>	<b>Azúcares solubles totales – g glucosa/100 g</b>	<b>Almidón – g glucosa/100 g</b>	<b>Proteínas añadidas – g/100 g</b>
<b>Denominación del producto</b>					
<b>Jamón cocido. (Paleta cocida)</b>					
.	≤ 4,13	–	≤ 1,5	Ausencia	Ausencia
.	≤ 4,35	–	≤ 1,5	Ausencia	Ausencia
<b>Jamón cocido. (Paleta cocida).</b>					
.	–	≥ 14.0	≤ 2.0	Ausencia	≤ 1.0
.	–	≥ 14.0	≤ 2.0	Ausencia	≤ 1.0
<b>Pechuga de pavo, pollo o ave</b>					
.	≤ 5.5	–	≤ 3.0	Ausencia	≤ 2.0
<b>Magro de cerdo.</b>					
.	–	≥ 13.0	≤ 1,5	Ausencia	Ausencia

Fuente: (Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos, 2014)

## 5. Marco teórico

### 5.1. El sector de la alimentación

Se entiende como sector de la alimentación o sector agroalimentario, a todas las actividades que corresponden al sector primario, tales como silvicultura, ganadería, agricultura y pesca, y a las empresas dedicadas a la transformación de materias primas obtenidas de estas actividades en productos semielaborados o elaborados, por lo que el sector se compone de un conglomerado de actividades del sector primario que interactúan con transformadores propios del sector secundario.

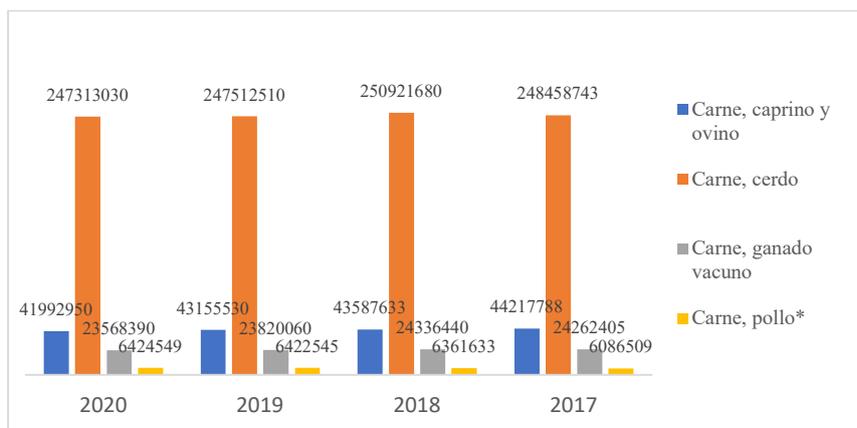
#### 5.1.1. El sector de la alimentación en Europa.

En la unión europea se ha demostrado que la industria manufacturera, que incluye la industria alimentaria, es la principal actividad del sector, la cual tiene un valor superior de negocio a los 1.093.00 millones de euros representando el 14,2% de la industria manufacturera. Cuenta con una capacidad empleadora de 4.52 millones de personas que se reparten en un total de 289.00 empresas, el porcentaje de pequeñas y medianas empresas sobre el total es del 40,5% (FoodDrink Europe, 2021).

En Europa, el 65% de los actores o participantes clave en la creación de sistemas alimentarios sostenibles y de la cadena alimentaria son agricultores y pescadores, el 58% son fabricantes de alimentos o industrias, y el 47% los gobiernos mediante políticas sustentables (FoodDrink Europe, 2021).

La producción agraria en la unión europea es una de las más altas del mundo, según la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2022), durante 2020 se produjeron 41.726.201 toneladas de carne, entre carne de cerdo, vaca, ovejas, cabras y pollo de engorda, asimismo, se sacrificaron 6.737.423.370 cabezas de ganado, entre ganado caprino, ovino, porcino, vacuno y de aves de engorda, pese a esto, es el año con menores sacrificios en comparación a los años anteriores, como se puede observar en la figura 1

**Figura 1** Cabezas sacrificadas de animales en producción



**Fuente:** Elaboración propia adaptado de (FAO, 2022)

Nota: \* el número de cabezas de animales para el grupo de carne de aves es medida por 1000 cabezas

### 5.1.2. Sector de la alimentación en España

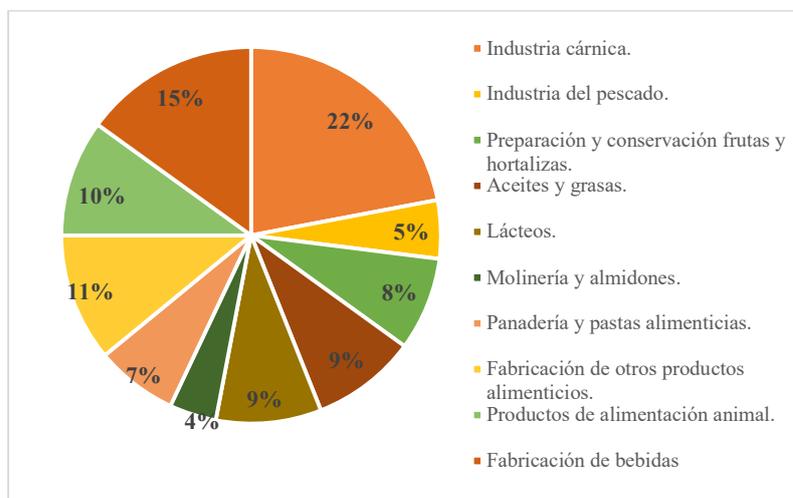
En España, la industria de la alimentación y bebidas ocupa la primera posición de la rama manufacturera del sector industrial, con un volumen de negocio según cifras del INE de 126.354,1M€. La morfología de este sector es prácticamente idéntica a la que encontramos en el panorama europeo, el 96,5% de las empresas tiene menos de 50 empleados y el 79,5% emplea a menos de 10 personas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022).

Adicionalmente, en España, la industria alimentaria se puede dividir en subsectores, los cuales son:

- Industria cárnica.
- Industria del pescado.
- Preparación y conservación frutas y hortalizas.
- Aceites y grasas.
- Lácteos.
- Molinería y almidones.
- Panadería y pastas alimenticias.
- Fabricación de otros productos alimenticios.
- Productos de alimentación animal.
- Fabricación de bebidas

En cuanto a la distribución de la producción, el sector cárnico representa un 22% del total de la industria de la alimentación, luego de esto, el sector de las bebidas llega a representar el 15% del total, como se puede observar en la figura 2.

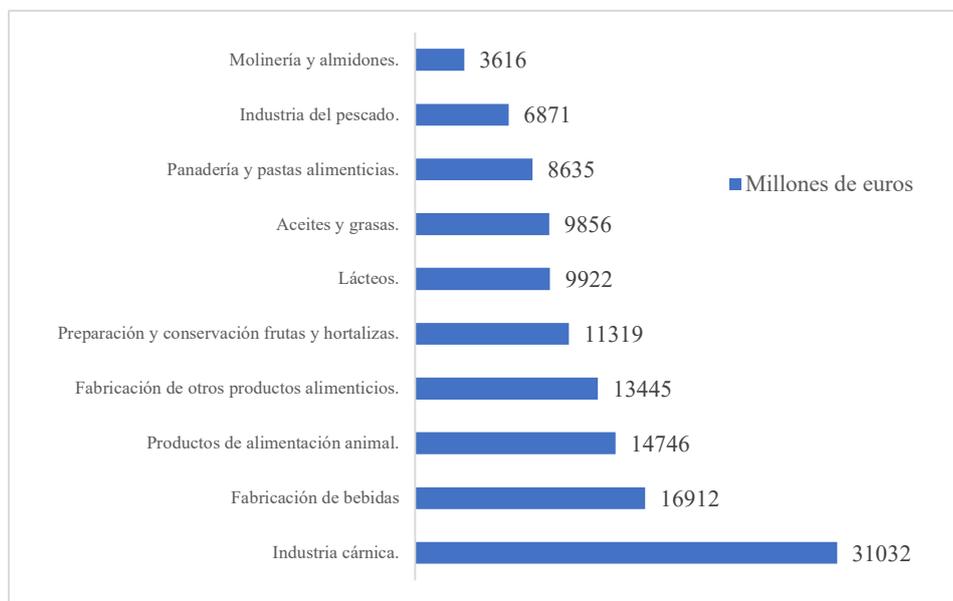
**Figura 2** Distribución de la industria alimentaria por sectores



**Fuente:** (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022)

Respecto a las ganancias económicas de cada subsector, la industria cárnica es el sector con mayor representación económica, alcanzando los 31032 millones de euros al año, y esto es debido al volumen de producción que alcanza esta industria en el sector de la alimentación. en la figura 3 se puede observar las cifras económicas respecto a negocios realizados por cada sector.

**Figura 3** Representación económica por subsectores en España



**Fuente:** (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022)

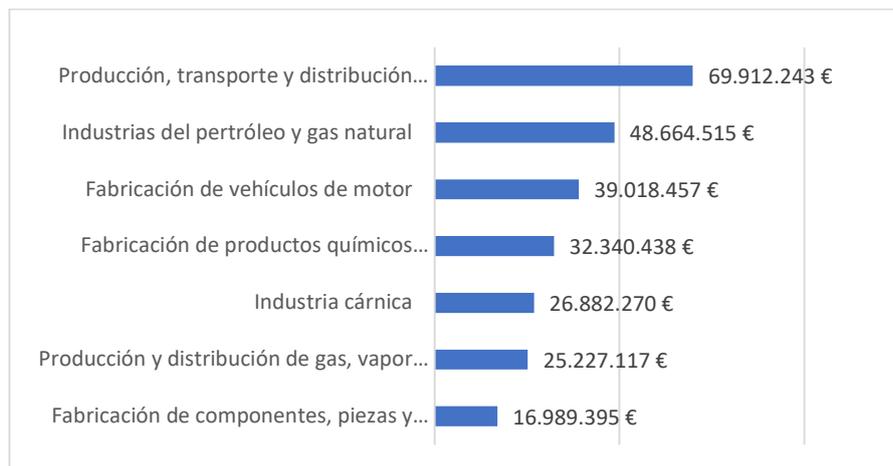
## 5.2. La industria cárnica

La industria cárnica es el conjunto de ganadería industrializada que se encarga de procesar la carne para su posterior consumo y creación de subproductos. Engloba tanto a mataderos y fábricas de despiece como a las fábricas de productos elaborados.

### 5.2.1. La industria cárnica en España

La industria cárnica se encuentra en el quinto lugar en el ranking de sectores industriales con mayor valor económico sólo por detrás de la industria de producción y distribución de energía eléctrica, la industria petrolífera, la fabricación de vehículos de motor y la industria química, como se puede observar en la figura 4.

**Figura 4** Clasificación por influencia económica de los sectores productivos de España



**Fuente:** (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022)

La industria cárnica tiene un tejido empresarial de unas 3.000 empresas distribuidas por toda la geografía especialmente en zonas rurales lo que implica que una parte significativa del sector sean pequeñas y medianas empresas como en el panorama europeo.

Esta industria, absorbe la mayor parte del empleo del sector de alimentación, el 27% de la población ocupada en el sector de la alimentación, trabaja en el sector cárnico. El desarrollo de estas PyMES junto con los grandes grupos empresariales cárnicos hace que esta actividad suponga aproximadamente el 2.24% del PIB Español.

Relacionado con la producción de carne, en el 2020 se produjeron un total de 7 millones de toneladas en España, entre carne de cerdo, vacas, ovejas, cabras y pollos de

engorde, lo que representa un incremento constante durante los últimos 10 años. En la tabla 2, se puede observar la producción en toneladas de carne en España.

**Tabla 2** Producción en toneladas de carne en España durante los últimos 10 años reportados

	<b>Equino</b>	<b>Ovino y caprino</b>	<b>Porcino</b>	<b>Conejo</b>	<b>Vacuno</b>	<b>Pollo engorde</b>	<b>Total</b>
2010	7111	141854	3368921	63506	606596	1115987	<b>5303975</b>
2011	11265	141729	3469345	64139	604113	1205749	<b>5496340</b>
2012	15606	131699	3466323	64578	591319	1193931	<b>5463456</b>
2013	11668	127201	3431214	63289	580840	1121295	<b>5335507</b>
2014	11530	122842	3555606	63790	585218	1209069	<b>5548055</b>
2015	12940	124984	3854658	54083	626104	1203022	<b>5875791</b>
2016	13088	126958	4181091	59589	637013	1326577	<b>6344316</b>
2017	11034	125827	4298789	57258	643861	1317487	<b>6454256</b>
2018	10194	130610	4530480	55824	669010	1345690	<b>6741808</b>
2019	9632	131760	4641160	no reporta	695170	1412220	<b>6889942</b>
2020	no reporta	125270	5003430	no reporta	677740	1401410	<b>7207850</b>

**Fuente:** (FAO, 2022).

La importancia de esta industria radica en que es una fusión de una actividad primaria como la ganadería y una secundaria como la industria. El sector cárnico, tiene un gran valor estratégico en España, además de ser un gran generador de empleo, tiene una sinergia muy buena con la morfología española, por la calidad de sus materias primas, su carácter exportador y las sinergias con otros sectores como el turismo, la gastronomía y la cultura, los cuales son un reclamo que fortalecen la industria cárnica.

Principalmente, dentro del sector cárnico se pueden encontrar estos diferentes tipos de organizaciones:



Al mismo tiempo como se ha visto en los gráficos anteriores, este sector comercializa diferentes tipos de carne, según el Ministerio de Agricultura, Pesca, alimentación y Medio Ambiente, se diferencian de la siguiente manera:

**Carne fresca:** Se incluyen los siguientes tipos principales, porcino, vacuno, ovino y caprino, aves, conejos y equino también otras carnes como pavo y despojos de todas ellas.

**Carne transformada:** Incluyen embutidos y fiambres como lomo embuchado, jamón curado y jamón cocido se diferencia de la primera por el proceso de transformación a los que se ven sometidos la carne.

### 5.2.2. La industria porcina en España

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO, 2022) durante el 2020, en España se produjeron 5.003.430 toneladas de carne de cerdo, lo que representa 362.270 toneladas más en relación al año anterior, de la misma manera, se sacrificaron 56.130.030 cabezas de ganado porcino que representa 3.147.720 cabezas más en relación con el año anterior.

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y la Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, (2021), España ocupa el tercer lugar a nivel mundial en población porcina. En los últimos 5 años se han alcanzado cifras récord en cada uno de los distintos ciclos de producción porcina, especialmente después de que en 2015 superaran las producciones alemanas. Respecto a las exportaciones, durante el 2021 incrementaron en 3,7%, con respecto al año anterior, este fenómeno es debido a la apertura de mercados a países tercerizados y a las exportaciones intracomunitarias. Pese a que china disminuyó la demanda de exportaciones, para España, dicho país es el principal destinatario de la carne producida, 39% del total de las exportaciones son dirigidas a este país.

Según datos reportados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y la Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, (2021), los españoles han disminuido considerablemente el consumo de carne fresca de cerdos y sus subproductos con respecto al año anterior: durante el 2021 se consumió -12% de carne fresca de cerdo y -6% de carne transformada, esto podría deberse a que, en 2020 existió un mayor consumo en hogares, debido a la compensación de la ausencia de consumo en el canal HORECA (Acrónimo utilizado para referirse al sector de los servicios de comidas).

En España, existen distintos tipos de sistemas productivos, según el Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación

de las granjas porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo, (2020) son:

**Sistema de producción intensivo:** son las producciones donde los ganaderos alojan a los cerdos en las instalaciones donde se le suministra alimentación a base de pienso, la estructura de los sistemas intensivos debe permitir superar la carga ganadera de 15 cerdos de engorda por hectárea, y se permiten instalaciones de cría al aire libre con un sistema de camping.

**Sistema de producción extensivo:** se refiere a todas aquellas explotaciones que tienen recursos naturales, los cuales están a completa disposición de los cerdos, especialmente áreas de pastoreo, estos sistemas extensivos pueden incluir las explotaciones de engorda en montanera.

**Sistema de explotación mixto:** este sistema se refiere a las explotaciones donde coexisten el sistema extensivo y el intensivo.

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y la Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, (2021), en España se pueden encontrar aproximadamente 87097 explotaciones, entre extensivas, intensivas y mixtas, la comunidad de Galicia es el sector con mayor número de explotaciones, que representa el 33.3% del total de las explotaciones del país. En la tabla 3, se puede observar el número de explotaciones porcinas en España.

**Tabla 3** Número de explotaciones de ganado porcino por sistema productivo en España

Comunidad Autónoma	Sistema productivo			Total
	Extensivo	Intensivo	Mixto	
Andalucía	6,753	4,983	147	1 ,883
Aragón	4	4,572	1	4,577
Principado de Asturias	34	286	7	327
Illes Balears	435	415	274	1,124
Canarias	10	394	72	476
Cantabria	68	601	226	895
Castilla La Mancha	163	1,124	30	1,317
Castilla y León	1 ,234	6,565	321	8,120
Cataluña	20	5,960	24	6,004
Extremadura	5,790	7,306	5	13,101
Galicia	62	28,884	63	29,009
Madrid	10	74	12	96
Región de Murcia	5	1 ,428		1 ,433
Comunidad F. Navarra	15	663	7	685
País Vasco	67	259	14	340
La Rioja	2	113	1	116
Comunidad Valenciana		926	0	927
<b>TOTAL ESPAÑA</b>	<b>14,673</b>	<b>64,553</b>	<b>1,204</b>	<b>87,097</b>

**Fuente:** (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación & Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, 2021)

Adicional a los sistemas de producción, también existen explotaciones que se dedican específicamente a un producto, es decir, explotaciones que se encargan de vender lechones para engorda, y otras que se dedican a la ceba. En la tabla 4, se puede observar el número de estas calificaciones según la comunidad autónoma a la que pertenecen.

**Tabla 4** Número de explotaciones porcinas según su clasificación zootécnica

Comunidad autónoma	Clasificación zootécnica									Total
	Cebo	PROD ciclo cerrado	PROD ciclo abierto	PROD lechones	Tipo mixto	Transición de lechones	Multipliación	Recría de reproductores	Sin clasificar	
Andalucía	7.080	3.031	1.015	151	272	41	92	19	161	11.869
Aragón	3.761			399	92	140	43	128	88	4.720
Asturias		16	20	18	192				3.004	3.302
Baleares		159		785	29				1.397	2.473
Canarias	103	211		23	40				92	478
Cantabria	1.001	15			11				105	1.146
Castilla La Mancha	699	199		76	194	25	16	20	232	1.476
Castilla León	2.063	373	361	461	995	39	40	43	4.163	8.540
Cataluña	4.376	123		450	302	348	63	126	188	5.982
Extremadura	4.521	13		266	7.482	13		13	992	13.309
Galicia	27.808	16		75	1.033	24		26	168	29.174
La Rioja	10	32			11				46	114
Madrid	1.077	60		98	104	73			20	1.453
Murcia	361	10		247		28		12	533	1.210
Navarra	238	18		42	53				167	523
País Vasco	78								102	209
Valencia	735	38		58		23			29	949
<b>Total</b>	<b>54.056</b>	<b>4.366</b>	<b>1.415</b>	<b>3.169</b>	<b>10.868</b>	<b>756</b>	<b>296</b>	<b>405</b>	<b>11.412</b>	<b>87.097</b>

**Fuente:** (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación & Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cínicas, 2021)

Como se puede observar, el 62% de las explotaciones presentes en España se dedican a cebar animales, el 12% a producción de tipo mixto, es decir, cría de lechones y ceba, y solo un 4% se especializa en la cría de lechones para que otras explotaciones los ceben o para otros fines.

## 5.3. Porcicultura

### 5.3.1. Materia prima

El cerdo es uno de los primeros animales domesticados para el consumo humano, existen más de 100 razas porcinas domésticas, la evolución del cerdo proviene de una derivación del jabalí, un mamífero paquidermo originario de Europa, Asia y el norte de África, estos animales estuvieron ligados en los principios de la historia a ritos religiosos y eran ofrecidos como sacrificio.

Hay dos teorías principales respecto del origen de este animal: La primera, argumenta que el cerdo moderno es descendiente único y directo del jabalí europeo; La segunda, sostiene que tiene un origen doble, que parte de la unión del jabalí europeo y el asiático.

El profesor Sansón, defiende la teoría del origen único, basándose en tres características del jabalí europeo:

- Caracteres externos análogos
- Caracteres craneales semejantes
- Idéntica fórmula vertebral

Esta teoría se rebate con los siguientes argumentos:

- Pese a que hasta el siglo pasado no había notables diferencias entre el jabalí europeo y el cerdo doméstico, se han producido importantes modificaciones en los trabajos de mejoramiento de la especie llevados a cabo en varios países europeos y norteamericanos.
- Varían los índices craneales, la especie porcina es capaz de adaptarse a las modificaciones impuestas por el consumo humano, mediante la selección o condiciones de manejo.
- De igual manera, existe una gran variación en la fórmula vertebral de los cerdos y desde los primeros estudios ha sufrido variaciones significativas en el número de vértebras torácicas y lumbares.

Como se puede observar en la figura 5, existen diferencias entre la composición morfológica de un porcino del pasado en comparación con uno del presente.

**Figura 5** Ilustraciones comparativas entre porcinos de diferentes décadas.



**Fuente:** (Lloveras, 2016)

### 5.3.2. Razas porcinas y mejoramiento genético

La necesidad de garantizar comida para la población mundial ha llevado a diferentes académicos y productores a realizar múltiples combinaciones entre razas porcinas para así crear líneas genéticas que permiten diferentes alternativas productivas, en la actualidad, los avances en genética han llegado a permitir identificar molecularmente genes que tienen efectos directos sobre el contenido de magro y los caracteres de calidad (Ghio & de la Sota, 2018).

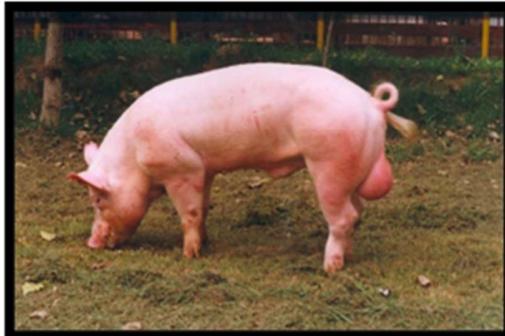
Se entiende como mejoramiento animal al estudio de la herencia de los caracteres y de su estructura genética, la cual está determinada por una serie de parámetros previamente seleccionados para cumplir requisitos biológicos, económicos y matemáticos. Posterior a este estudio se hace una selección de los individuos que mejor cumplen estos parámetros forzando a crear descendencia entre ellos, puede ser entre miembros de una raza o de diferentes razas. Los cerdos utilizados en la cría intensiva se caracterizan por su elevada eficacia productiva de carne magra, un elevado número de lechones por parto, corto intervalo generacional y elevada heredabilidad de los caracteres de interés seleccionados a conciencia en los predecesores.

A continuación, se darán a conocer diferentes tipos de razas seleccionadas en los cuales el entrecruzamiento ha dado como resultado el mejoramiento genético de la especie para producir mayores rendimientos en la industria cárnica.

#### 5.3.2.1. *Large White Yorkshire*

Raza europea blanca, caracterizado por tener un esqueleto sólido, y masa muscular armoniosa, dentro de las ventajas de esta raza se ha reportado su fácil adaptación a las condiciones climáticas de la región y las condiciones del terreno, también se ha reportado un excelente tamaño de camada, y al momento del sacrificio tiene buen rendimiento en canal (cerca del 75%) y bajo contenido en grasa.

**Figura 6** Imagen de un macho de raza Large White Yorkshire



**Fuente:** (RFEAGAS, 2021)

#### 5.3.2.2. *Landrace*

Esta raza europea blanca se caracteriza por ser de composición alargada, con un esqueleto fino y compacto, se ha reportado que son prolíficos por su alta facilidad para reproducirse, adicionalmente, la línea materna es una gran productora de leche lo que desencadena crías vigorosas, al momento del sacrificio se ha reportado un rendimiento en canal de 74.5% con canales muy largas.

**Figura 7** Imagen de un macho de raza Landrace

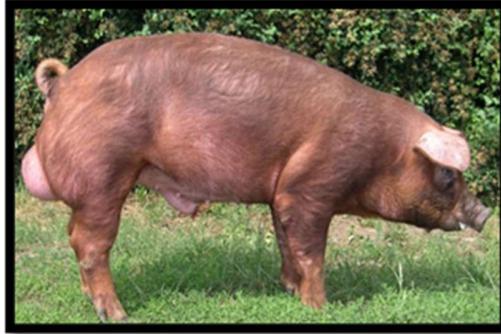


**Fuente:** (RFEAGAS, 2021)

#### 5.3.2.3. *Duroc*

Raza Americana, que se caracteriza por tener un pelaje marrón, de morfología robusta y alta prolificidad, con fácil reproducción, al momento del sacrificio se ha demostrado rendimiento en canal del 74% con una alta calidad de la carne.

**Figura 8** Imagen de un macho de raza Duroc



**Fuente:** (Lloveras, 2016)

Las anteriores razas descritas han sido seleccionadas para la cría intensiva en la industria cárnica, sin embargo, no son razas autóctonas de España, sin embargo, dicho país cuenta con una de las razas más rústicas y adaptadas, el cerdo ibérico.

#### 5.3.2.4. Cerdo ibérico

Se trata de una raza rústica adaptada a condiciones de explotación extensiva, tienen un color negro característico y una musculatura robusta en el dorso espalda y patas traseras, el peso que pueden alcanzar oscila entre 100-150Kg para hembras y 150-200Kg para machos la característica que hace esta raza más interesante es la capacidad de infiltración de la grasa en su musculatura (Orozco, 2017).

El lugar de cría del cerdo ibérico es la dehesa, un bosque mediterráneo muy extenso con grandes pastos y árboles separados entre sí, generalmente encinas y alcornoques. En la península se encuentran estos espacios en las zonas de Huelva, Salamanca y Badajoz entre otras (Orozco, 2017).

**Cría:** El lechón pasa 3 meses 3 semanas y 3 días con la madre hasta que deja de tomar leche de esta, alcanza un peso de unos 23Kg.

**Recría:** Se alimentan de piensos poco calóricos y ricos en fibra, el motivo de esto es que se estimule el crecimiento muscular y óseo para tener una carne más magra y una estructura robusta, pasan 5 meses comiendo hierba y pienso, en esta etapa al cerdo se le denomina marrano, alcanzan hasta los 60Kg.

**Premontanera:** Pasan 2 o 3 meses comiendo rastrojos de cereales y/o pienso alcanzan de 90-120Kg en esta etapa al cerdo ibérico se le conoce como primal.

**Montanera:** Último periodo antes del sacrificio, pasan 3 meses al pie de los árboles hasta alcanzar 150-180kg, es cuando realmente se infiltra la grasa, se divide en tres subcategorías dependiendo del tipo de alimentación.

*Ibérico de Bellota:* Se alimentan a base de bellotas y hierbas de la dehesa durante un mínimo de 60 días, engordan una media de 50 Kg sólo a base de este fruto, se sacrifica a la edad mínima de 14 meses.

*Ibérico de recebo:* Se alimenta como el de bellota hasta los 60 días y termina el engorde a base de pienso, la edad mínima de sacrificio también son 14 meses, sólo gana 30Kg a base de bellotas, la infiltración es menor.

*Ibérico de Cebo:* De raza ibérica criado y alimentado en lugares cerrados a base de pienso de cereales, la edad mínima de sacrificio es de 10 meses

**Figura 9** Imagen de porcinos de raza Cerdo Ibérico



**Fuente:** (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2018)

### 5.3.3. Denominaciones de origen Protegidas

Los productos de Denominación de Origen protegida (DOP) son aquéllos cuya calidad o características se deben al medio geográfico con sus factores naturales y humanos, y cuya producción, transformación y elaboración se realizan siempre en esa zona geográfica delimitada de la que toman el nombre.

Una vez que se inscribe, se obtienen derechos sobre la propiedad intelectual del producto, estando protegidas frente a:

- Cualquier uso comercial directo o indirecto de un nombre registrado en productos no amparados por el registro.
- Cualquier uso indebido, imitación o evocación, incluso si se indica el verdadero origen de los productos o servicios o si el nombre protegido se traduce o se acompaña unas expresiones tales como “estilo”, “tipo”, “método”, “producido

como en”, “imitación” o expresiones similares; incluso cuando esos productos se utilicen como ingredientes.

- Cualquier otro tipo de indicación falsa o falaz en cuanto a la procedencia, el origen, la naturaleza o las características esenciales de los productos, que se emplee en el envase o en el embalaje, en la publicidad o en los documentos relativos a los productos de que se trate, así como la utilización de envases que por sus características puedan crear una impresión errónea acerca de su origen.
- Cualquier otra práctica que pueda inducir a error al consumidor sobre el auténtico origen del producto.

En España encontramos las siguientes denominaciones de Origen en cuanto al cerdo ibérico se refiere.

#### *5.3.3.1. DOP Dehesa de Extremadura*

Aglutina a productores de Cáceres, Sierra de Montánchez y Sierra de San Pedro, es distinguida por sus vastas extensiones de encinas y alcornoques distribuidos en más de 1 millón de hectáreas. El extremo clima de Extremadura aporta una personalidad propia a los cerdos allí criados.

#### *5.3.3.2. DOP Guijuelo*

Es la más antigua de las DOP de España, se constituye en el municipio con el mismo nombre, las dehesas que allí se ubican están a una altitud muy elevada, por ello se produce un jamón con un veteadado diferente y una mayor infiltración de grasa.

#### *5.3.3.3. DOP Jabugo*

Se sitúa en Huelva, aunque también cuenta con explotaciones en gran parte de Extremadura y Andalucía. La geolocalización del parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche y las elevadas temperaturas que allí se dan, hacen posible una alta floración de hierbas, ofreciendo gran biodiversidad. El engorde se realiza exclusivamente con bellotas y pastos naturales.

#### *5.3.3.4. DOP Los pedroches*

Debe el nombre a el pueblo más antiguo de la comarca de los Pedroches, situada en la provincia de Córdoba, de todas las DOP ha sido la última en ser reconocida, la aprobación se produjo en 2006, las condiciones de cría del cerdo son similares a la DOP Jabugo, con diferencia de la gran variedad de raíces que se encuentran en esta zona y dan unas características diferentes a los cerdos allí criados.

Las solicitudes para DOP son presentadas por agrupaciones que trabajan con los productos cuyo nombre vaya a registrarse, se solicitan al órgano competente de la respectiva Comunidad Autónoma.

#### 5.3.4. Consideraciones del sector

La industria cárnica está poco aceptada popularmente, los aspectos críticos de los efectos de la producción industrial de carne incluyen:

- El auge de los defensores de los derechos de los animales que cuestionan la ética en la producción de la carne.
- Tratamientos farmacológicos y hormonales en los animales que repercuten en la salud de los consumidores.
- Enfermedades de animales las cuales pueden llegar a contagiar a los humanos (gripe aviar, síndrome de las vacas locas).
- Uso intensivo de aguas subterráneas para alimentar a los animales.
- La gran huella ecológica que deja esta industria.

#### 5.3.5. Sociología del sector.

Los estudios sociológicos en la alimentación, tratan a esta desde el ámbito exclusivo de la producción agraria, especialmente, el análisis los procesos de cambio y las consecuencias de una agricultura que constantemente se industrializa, lo que refleja una transformación de una actividad ligada al planeta tierra, que está constantemente inclinada hacia la globalización (Méndez & Espejo, 2014). Por eso a continuación se describen las distintas corrientes sociológicas que influyen directamente en la producción porcina.

##### 5.3.5.1. *Veganismo*

El veganismo puede considerarse una corriente teológica en donde las personas no aceptan el consumo de ningún subproducto de ninguna especie animal, lo que incluye el cerdo.

Según Cotelo & Tristán, (2018) consumir carne es tener una discriminación hacia los animales no humanos, lo que se conoce como especismo, las personas que practican esta creencia consideran que un humano no merece un mejor trato que un perro, o cualquier otro animal, por esto, no están afines a las producciones porcinas.

#### 5.3.5.2. *Judaísmo y musulmanes*

Tanto como los judíos como los musulmanes pertenecen a las más antiguas religiones monoteístas surgidas en Oriente Medio, según ellos, el cerdo debe considerarse como un animal impuro (según el Libro del Génesis y del Levítico de la biblia). El cerdo, es señalado como un animal contaminado, por esta razón, estas corrientes teológicas prohíben el consumo de cualquier subproducto del cerdo.

Según José, (2018), una de las hipótesis por la cual se puede explicar el ostracismo y la prohibición del cerdo, es debido a que esta especie era un animal con comportamientos de revolcarse en lodo e inclusive sus propios excrementos, pero, como explica el autor, existen otras especies, como las vacas, que en condiciones de recinto cerrado, pueden llegar a hacer lo mismo.

#### 5.3.5.3. *Movimientos ecologistas*

Los movimientos sociales ecologistas y/o partidos verdes son corrientes, creencias o movimientos que se centran en hacer crítica al productivismo, argumentando que deben existir límites al crecimiento del mercado de producción o al capitalismo industrial que resulta insostenible para el medio ambiente, sus argumentos se enfocan en la actual sociedades en riesgo, para disminuir la cantidad de explotaciones sistemas industrializados o de producción masiva (Caballero, 2006).

Si bien estos movimientos no prohíben el consumo de carne (como el veganismo y el judaísmo) si están en contra de las mega estructuras o producciones intensivas de ganado, por lo tanto, también puede considerarse un contexto sociológico que no está a favor de la producción de carne.

## 5.4. Procesos de la industria cárnica

Dentro de la industria, encontramos una serie de procesos en los que se produce un gasto de agua, estos son los siguientes:

- Alimentación del ganado
- Sacrificio
- Limpieza de instalaciones

El primero, la alimentación del ganado no genera una gran cantidad de aguas residuales, pero si el agua regenerada cumple los requisitos de calidad explicados más adelante, podría beneficiarse de la regeneración de las otras dos fuentes de gasto principales, pudiendo suministrar a los animales aguas previamente tratadas provenientes de estas fuentes.

A continuación, se detallará información sobre estas actividades en las que se produce un alto gasto de recursos hídricos.

### 5.4.1. Hidratación del ganado.

La correcta hidratación del animal es esencial para garantizar la calidad de la carne, el cerdo, tiene como peculiaridad que ha desarrollado una gran sensibilidad en los mecanismos internos de la regulación de la sed y la orina.

El contenido en agua en el organismo de un cerdo puede variar desde el 80% siendo un lechón, hasta el 50% en la edad adulta. Si hablamos de cerdas reproductoras en periodo de final de lactación, se encuentra el pico de gasto ya que los requerimientos de agua son mayores. Esto se debe principalmente a que deben reponer el agua correspondiente a los 8-16 L de leche que sintetizan al día. La relación agua pienso es de 5:1. A continuación se puede visualizar la tabla 4, donde se detallan los requerimientos diarios de agua asociados a cada etapa del crecimiento.

**Tabla 5.** Requerimientos de agua diarios del animal

<b>Lechones postdestete</b>	0,8-0,9 L/día
<b>Lechones final transición</b>	2,5-3,0 L/día
<b>Cerdos inicio cebo</b>	3,5-4,5 L/día
<b>Cerdos final cebo</b>	5,0-6,5 L/día
<b>Cerdas gestantes</b>	12-15 L/día
<b>Cerdas inicio lactación</b>	10-12 L/día
<b>Cerdas final lactación</b>	30-40 L/día

*Fuente: (3tres3)*

En épocas de calor, se produce un incremento del consumo de entre un 20-30%

Además, se produce otro fenómeno por la cual el consumo de agua aumenta considerablemente, al tratarse de animales generalmente estabulados en jaulas individuales, sufren de aburrimiento, esto aumenta el consumo de agua y los juegos con los bebederos por lo que hay un desperdicio del agua que acaba en el suelo, por ello un correcto diseño de los bebederos es importante para aumentar la efectividad de suministro.

Por ello, también se debe controlar el caudal del bebedero, recomendándose de 0.6 a 1L/min, en los bebederos con caudales más altos se malgasta más del 23% del agua, frente al 8.6% (Freddy Sosa)

En la industria se encuentran diferentes tipos de bebederos:

- Bebederos de nivel constante: Proveen agua de manera constante, se controla el nivel con un sistema de flotación, puede tener más presión de agua, pero tiene un desperdicio mayor debido al ensuciamiento producido por el hocico del cerdo y al malgasto por los salpicones.

**Figura 10.** Bebedero de nivel constante



**Fuente:** Agriexpo

- Chupetes: Se puede utilizar en todas las etapas de crianza, son más limpios, tienen un bajo coste y fácil instalación, el principal problema que suponen es que con el flujo constante de agua se producen derrames después de ser utilizados, además los animales son más propensos a jugar con ellos, con estos derrames puede producirse un exceso de humedad en el corral, que puede derivar en problemas de hongos.

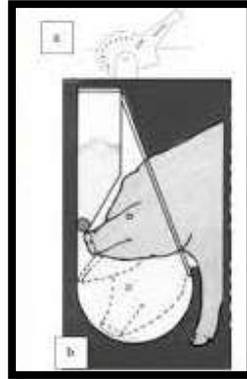
**Figura 11.** Bebedero tipo chupete



*Fuente: (Agriexpo)*

- Chupetes tipo mordillo: En este tipo, el cerdo encierra la válvula en la boca produciendo así la salida del agua, el mecanismo de control de flujo es variado y se intenta optimizar para evitar derrames, estos pueden venir dados por algún defecto en la boca del animal o al apoyarse el lomo para refrescarse.
- Chupete tipo pulverizador: Se instalan sobre un comedero o tazón, el cerdo opera una válvula con su hocico y bebe del tazón, no directamente de la salida de agua, tiene menos propensión al goteo, se aumenta la pérdida del agua debido a que el flujo lo controla el animal.

**Figura 12.** Chupete tipo pulverizador



**Fuente:** (Agriexpo)

#### 5.4.1.1. *Características del agua*

La calidad del agua afecta directamente sobre la salud del animal y su bienestar, se evalúa mediante criterios microbiológicos, físicos y químicos, además no solo debe evaluarse en la fuente, sino que debe haber un control de las características a lo largo de todo el circuito, ya que puede existir una contaminación microbiana en los chupetes o bebederos.

También hay que realizar mantenimientos periódicos sobre las tuberías controlando que estas no albergan mohos y bacterias contaminantes las cuales llegarán a los animales durante la alimentación.

Un método de limpieza ampliamente extendido es aplicando soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos. También puede utilizarse el dióxido de cloro como alternativa al cloro ya que inactiva una gran cantidad de bacterias sin que se formen compuestos halogenados que pueden ser perjudiciales para los cerdos.

Los indicadores que deben controlarse son:

- pH: La acidez del agua debe mantenerse entre valores de 6.5 y 8. La acidez puede verse alterada por el uso de sustancias limpiadoras del circuito o por el uso de un sistema de filtración debido a la influencia del bicarbonato. Se controla con medidores de pH.
- Sólidos totales disueltos (TDS): Es la cantidad de materia inorgánica disuelta en una muestra de agua, los valores se consideran seguros si se encuentran

por debajo de los 1000ppm y no apta cuando está por encima de 7000ppm, esta característica se controla midiendo la conductividad del agua.

- Nitratos y nitritos: En el medio rural es muy común que el agua se encuentre contaminada por fertilizantes, también estos compuestos pueden venir dados por purines o materia orgánica en descomposición por lo que es esencial un control exhaustivo de estos compuestos ya que son muy nocivos. Cuando son absorbidos, interactúan con la hemoglobina transformándola y haciéndola incapaz de transportar oxígeno por el torrente sanguíneo.
- Sulfatos: Un nivel elevado de sulfatos en el agua, repercute en una mayor cantidad de líquido en las heces, dando lugar a heces blandas afectando al crecimiento, sobre todo de los lechones recién destetados en los que se empieza a introducir el pienso.
- Cloro: La presencia en el agua del cloro se debe principalmente a la aditivación de esta ya que no suele estar presente de forma natural en las aguas subterráneas, tanto como el sulfato, aun así se debe controlar la concentración de este para que esté comprendido entre 250-500ppm
- Hierro: Por si solo no representa un peligro para los animales, aunque puede favorecer el crecimiento de bacterias del hierro que disueltas en el agua pueden dar a esta un mal gusto, haciendo que los animales disminuyan el consumo de esta.
- Dureza: Se calcula como la suma del calcio y magnesio, no afecta directamente a la salud animal, pero puede crear calcificaciones que afecten al caudal de suministro, así como zonas donde no fluya correctamente el agua siendo estas un foco de bacterias. También es importante controlar este parámetro del agua ya que si el agua es muy dura (>250ppm Ca y Mg) los animales pueden obtener el requerimiento de estos compuestos mediante la ingesta de agua por lo que no haría falta introducirlo en la dieta de manera regular.

Los niveles de potabilidad del agua se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Características del agua para suministro

pH	<4,0	Inadecuada
	4,0-6,5	Aceptable
	6,5-8	Segura
	8,0-9,0	Pobre
	>9,0	Inadecuada
TDS(ppm)	<1000	Segura
	1000-3000	Aceptable
	3000-5000	Puede causar rechazo
	5000-7000	Pobre
	>7000	Inadecuada
Nitratos(ppm)	<100	Segura
	100-300	Pobre
	>300	Inadecuada
Nitritos(ppm)	10	Nivel máximo
Sulfato (ppm)	<500	Segura
	500-1000	Aceptable (puede causar diarrea)
	1000-2500	Pobre
	> 2500	Inadecuada
Cloro(ppm)	<500	Aceptable
	>500	Pobre
Hierro(ppm)	<0.3	Aceptable
	>0.3	Pobre (mal gusto)
Dureza(ppm)	<50	Blanda
	>300	Dura

Fuente: (3tres3)

## 5.4.2. El proceso del sacrificio

En este apartado, se desarrollará el proceso de sacrificio del cerdo detalladamente, haciendo hincapié en los subprocesos de los que consta esta actividad y dando a conocer ciertas características que son de interés para ahondar en la producción de aguas residuales.

### 5.4.2.1. *El sacrificio en la historia*

El sacrificio de animales lleva ocurriendo desde tiempos inmemoriales y prácticamente está relacionado con todas las culturas, desde los griegos y romanos, pasando por los hebreos, hasta los aztecas y yoruba, era una práctica extendida en ritos que conformaban parte de una religión.

En la edad moderna, el sacrificio o matanza se realizaba en el ámbito rural con la finalidad de cubrir las necesidades de una familia o varias durante el año, con esta práctica, la familia podía abastecerse de carne durante largos periodos de tiempo utilizando prácticas de conservación de la carne tales como:

- **Secado:** Consiste en exponer la carne a un ambiente seco haciendo que pierda parte de su contenido en agua con la intención de destruir enzimas que afectan al color, sabor y contenido vitamínico del producto, también se consigue un ablandamiento del producto.
- **Salación:** Consiste en la deshidratación del alimento añadiendo cloruro sódico, ya sea por cubrición, o añadiendo una solución salina, esto desactiva el crecimiento de microorganismos, preserva los sistemas enzimáticos y se ralentizan las reacciones de oxidación de la carne las cuales deterioran el alimento.
- **Escabechado:** Se utiliza una mezcla de vinagre y sal en la cual se introducen los alimentos, la sal deshidrata el alimento mientras que el vinagre actúa de conservante inhibiendo el crecimiento bacteriano.

La matanza en España está extendida y se considera una actividad frecuente, de hecho, hay fiestas populares religiosas asociadas a esta como San Antón aunque tiene predominancia en las regiones del suroeste peninsular. Al ser algo tan común cada región ha desarrollado sus propios productos elaborados a partir de la carne del cerdo, por esta razón podemos encontrar multitud de variedad de estos a lo largo y ancho de la península.

Esta actividad ha ido decayendo durante los últimos años en parte por el desarrollo económico que ha sufrido España alejando a las familias de las zonas rurales y concentrándolas en grandes ciudades, por otro lado también debido a las exigencias y controles de tipo sanitario que se tiene que cumplir, lo que imposibilita realizar esta actividad de forma amateur, quedándose en manos de mataderos y salas de despiece, las cuales producen canales, y piezas de carne para consumo.

**Figura 13.**Elaboración casera de productos de la matanza del cerdo



*Fuente: (La información)*

Estas industrias altamente especializadas y con una gran mecanización, en parte debido al gran peso del animal que destaca por tener un peso de 145 a 180Kg en el momento del sacrificio y por el tiempo de curación y elaboración que necesitan sus derivados.

#### 5.4.2.2. *El sacrificio del cerdo actualmente*

Durante el proceso de sacrificio, influyen una serie de factores esenciales para garantizar la calidad de la carne, el bienestar del animal y la productividad de las industrias como el tiempo de ayuno precarga en el vehículo de transporte las condiciones de transporte y la longitud del trayecto, condiciones climáticas tanto en el momento del transporte como en el sacrificio, la forma en la que se receptionan los animales en la instalación de sacrificio el tiempo de espera desde que llegan hasta que son sacrificados y el método de aturdimiento o insensibilización al que es sometido el cerdo, así como también las condiciones de conservación y despiece. Además, todo este proceso está normalizado por una legislación que se explicará en cada proceso.

A continuación, se detallan los procesos a los que se somete el animal hasta obtener el producto final listo para vender a otras industrias o fabricar productos semielaborados.

#### 5.4.2.2.1. *Recogida y transporte*

Los cerdos deben someterse al ayuno de 12 a 18 horas antes de la carga, la privación de alimento será solamente de pienso, pudiendo disponer de agua potable hasta el último momento antes de la carga ya que el animal debido al estrés puede deshidratarse.

El ayuno se realiza para evitar deposiciones y vómitos en el transporte, además, el transporte debe de ser organizado por lotes de mismas explotaciones y preferiblemente grupos que ya hayan convivido, no se deben mezclar diferentes procedencias para evitar luchas durante el camino.

Hay una relación directa entre el rendimiento de la producción de canales y el proceso de transporte, la mortalidad en el transporte es un indicador de una falta extrema de bienestar. En transportes de menos de 8h en Europa la tasa de mortalidad se sitúa entre el 0.03% y el 0.5%. El 70% de las defunciones ocurren en el camión y el resto en la descarga (D.Temple et al.).

Una de las mayores causas de muerte en los animales es el llamado síndrome de estrés porcino cuyo nombre médico está catalogado como hipertermia maligna, consecuencia de la combinación de factores de estrés junto con el genotipo de los animales que provoca un aumento de la temperatura corporal, parada cardíaca y en consecuencia la muerte.

Un factor determinante es la temperatura durante el transporte, por ello se deben de disponer de vehículos con aislamiento térmico, ventilación forzada o nebulización además de una rampa que ayude al cerdo como el de la figura 14.

**Figura 14.** Vehículo de transporte con rampa hidráulica y ventilación forzada.



*Fuente:(Fawec.org)*

Así mismo el transporte también influye en la propensión para sufrir infecciones debido a la liberación de glucocorticoides y/o catecolaminas en respuesta al estrés que también incrementa la emisión de agentes patógenos por ejemplo intestinales lo que causa una infección de Salmonella.

Las condiciones óptimas de transporte son a una temperatura de 25-30°C y una densidad de 0,39 m<sup>2</sup>/cerdo a densidad más elevadas se producen peleas entre animales tumbados y los que buscan espacio para ello, por otra parte, densidades más bajas aumentan el riesgo de golpes produciendo hematomas y rasguños.

Son dos las principales alteraciones que se producen en la carne:

- PSE (Pale, Soft, Exudative): Dada por un estrés intenso en el proceso de transporte por manejar los animales con poco cuidado o mezclarlos con otros desconocidos lo que los hace estar en situación de alerta. Se caracterizan por una rápida disminución del pH lo que hace que pierdan valor y en algunos casos desecharse, un ejemplo se puede apreciar en la figura 15.

**Figura 15.** Ejemplo de carne PSE



*Fuente: (peachimetro.com)*

- Carnes DFD (Dark, Firm, Dry): Se caracterizan por tener un pH por encima del normal, se dan cuando el animal sufre un estrés prolongado en el tiempo antes del sacrificio, puede venir dado por un extendido tiempo de ayuno o trayectos excesivamente largos. Las reservas de glucógeno se agotan antes del sacrificio, se produce ácido láctico y no hay suficiente acidificación post-mortem.

**Figura 16.** Ejemplo de carne DFD



*Fuente: (peachimetro.com)*

Además, el transporte debe de ir acompañado de la guía de origen y sanidad pecuaria, incluida en el anexo 1.

Esta consta de varios puntos:

- Datos del interesado de la explotación y de la DSG
- Identificación de los animales
- Declaración, lugar, fecha y firma
- Autorización, fecha de expedición y notificación de la guía de origen y sanidad
- Identificación del transportista
- Anexo de animales identificados individualmente.

Sin este documento obtenido en la oficina veterinaria virtual, se imposibilita el traslado de animales como obliga el Reglamento Técnico-Sanitario de Mataderos.

La llegada al matadero se debe programar para garantizar que los animales no pasan mucho tiempo en el camión por imposibilidad de descargar, una vez desalojado el camión debe limpiarse y desinfectarse tanto por dentro como por fuera antes de salir del recinto.

#### 5.4.2.2.2. Alojamiento

Una vez descargados, se introducen en las cuadras durante 12-18 con el fin de que se relajen y descansen del viaje, se realizan inspecciones pre-mortem por parte del equipo veterinario los cuales examinan los posibles daños que puedan haber sufrido los cerdos en el proceso de traslado, también se apartan los animales heridos gravemente, los cuales se inspeccionan por separado y se decide si aplicarles la eutanasia.

La superficie de suelo libre de la que debe disponer cada animal para grupos mayores a 40 especímenes es de 2m<sup>2</sup> según la normativa RD 1135/2002.

Se entiende como suelo libre a toda la superficie existente a libre disposición de los animales a excepción del espacio reservado para los comederos y bebederos. El suelo debe de ser continuo y compacto con menos de un 15% de aberturas de drenaje independientemente del tamaño del grupo. En caso de ser de emparrillado de hormigón, debe cumplir que la anchura de las vigas de la rejilla sea, como mínimo, de 80mm y la abertura entre vigas sea de un máximo de 20mm, el caso más común es la combinación de suelo de hormigón y suelo emparrillado como se muestra en la imagen 17.

**Figura 17.** Combinación suelo emparrillado y hormigón.



*Fuente: (Guía explicativa para la aplicación del RD 1135/2002 relativo a las normas mínimas de protección de los cerdos)*

En caso de alojar a los animales en patios exteriores es de aplicación el RD348/2000 en el que se indica que, en la medida de lo posible, se debe proteger a los animales contra las inclemencias del tiempo, enfermedades y depredadores, por lo que se deberá construir un cobertizo.

#### 5.4.2.2.3. *Aturdimiento*

Según el RD 37/2014 del consejo de 24 de enero relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza consta:

*“Durante la matanza u operaciones conexas no se causará a los animales ningún dolor, angustia o sufrimiento evitable (art. 3.1.). Por tanto, los animales se sacrificarán únicamente previo aturdimiento – excepto en el caso de determinados sacrificios prescritos por ritos religiosos –, utilizando los métodos y requisitos específicos de aplicación de cada uno de ellos que figuran en el anexo I del Reglamento (CE) nº 1099/2009. Se mantendrá la pérdida de consciencia y sensibilidad hasta la muerte del animal (art. 4.1.). Todo animal que dé señales de recobrar la consciencia, será aturdido inmediatamente”*

Por esta razón, se debe realizar un aturdimiento de los animales antes del sacrificio, esta operación se realiza en cajones o jaulas para que los demás especímenes no presencien la muerte de otro animal y sufran estrés.

Previo al aturdimiento, los animales reciben una ducha de agua fría a 12°C esto además de las razones de higiene y limpieza, se busca concentrar la sangre periférica en los grandes vasos, gracias a esto se consigue una sangría más completa, además el agua fría, tiene un efecto insensibilizante leve. Posteriormente pasan a la fase de aturdimiento:

Existen diversos métodos para realizarlo.

- Pistola percutora: Se dispara con una pistola de perno cautivo en el centro de la cabeza, justo detrás de las orejas, actualmente este método es poco utilizado ya que existen otros que no implican un contacto físico con el animal antes de su muerte, además existe la posibilidad de que, si la pistola no está bien calibrada, se pueda matar al animal.
- Electronarcosis: Se aplica una corriente eléctrica a la altura de los huesos temporales en el cráneo, se ponen unos electrodos en contacto y se aplica un voltaje de 600V durante un segundo, el animal queda inconsciente inmediatamente.
- Inhalación de dióxido de carbono: Se introducen los animales en unas cámaras especiales donde se difunde una mezcla de dióxido de carbono y oxígeno, las cámaras, deben estar dotadas de su propio sistema de seguridad para aplicar la dosis correcta en cada caso.

Operacionalmente, este último sistema es el más eficiente aunque conlleva unos costes mayores debido a la infraestructura, esto es porque se realiza en ausencia de los chillidos de los animales ante lo desconocido que provocan incomodidad, se reduce el estrés del animal objetivo y de los demás del grupo, el músculo se relaja completamente por lo que se favorece la sangría y aumenta la calidad de la carne, se disminuye el riesgo físico tanto del animal como el del personal encargado del proceso y se obtiene un color de la carne más intenso debido a la eliminación del O<sub>2</sub> que produce la oxidación de esta.

#### 5.4.2.2.4. *Sangrado*

Una vez el animal se encuentra aturdido se cuelga al animal boca abajo y se procede a realizar una incisión a cuchillo seccionando la vena yugular, esta se encuentra en la unión del pecho y el cuello. Las condiciones del instrumento están normalizadas, este debe ser desinfectado y esterilizado, además la superficie donde se realiza el corte debe ser limpiada previamente.

El animal durante este proceso está aturdido, es decir el sistema nervioso ventral se encuentra desactivado produciendo insensibilidad al dolor, pero sus órganos vitales siguen funcionando, este dato tiene vital importancia ya que el corazón sigue latiendo y bombeando sangre lo que ayuda al proceso de desangrado.

A su vez, también lo hace el sistema respiratorio por ello, la precisión del corte debe ser exacta, si este, por error, secciona la tráquea, se produce una aspiración de la sangre, si el corte afecta a los pulmones o la cavidad pleural en procesos posteriores entrará agua contaminada en la cavidad torácica, además se debe conservar la paleta que tiene un alto interés comercial.

Por ello, es de vital importancia de la formación y especialización del personal que realiza el proceso, además que, debido a las condiciones de trabajo, puede causar fatiga o mecanización del proceso lo que hace que se pierda atención a los detalles y se pueda perjudicar tanto al animal como al operario.

Cuando la sangre va a ser procesada posteriormente para la industria alimenticia, esta debe recogerse mediante un mecanismo de vacía que conduce la sangre asépticamente hasta unos recipientes especiales para su recolección.

#### 5.4.2.2.5. *Escaldado*

El siguiente proceso es el escaldado, cuyo objetivo principal es ablandar la piel para ayudar a la eliminación del bello del animal, la escaldadora es un recipiente de acero inoxidable dimensionado al número de cerdos sacrificados por lote, es importante que se garantice la continuidad del proceso, es decir inmediatamente después del sangrado se debe pasar al escaldado ya que el animal conserva sus vísceras que pueden empezar el proceso de putrefacción.

Las características de control de la escaldadora son las siguientes:

- **Temperatura del agua:** La temperatura debe oscilar entre los 57 y los 65°C dependiendo de la raza del animal cual característica también afecta a el tiempo de inmersión que se comprende en una ventana de 2-5 minutos. Cuando se superan estos parámetros, empiezan a parecer marcas de quemaduras o cocido, se desprenden las pezuñas y se desnaturaliza la piel, obteniendo un efecto contrario al buscado ya que los pelos quedan más fijados a esta.
- **Agitación:** Es importante mantener una temperatura homogénea del agua y evitar gradientes de temperatura dentro del tanque, por ello el agua debe de ser agitada mediante instrumentos mecánicos llamados agitadores.
- **Condiciones químicas del agua:** También se deben controlar la limpieza del agua mediante parámetros químicos como pH y sólidos en suspensión, se fijan unos valores límite con los cuales debe ser vaciado el tanque, limpiado y vuelto a llenar, normalmente se fija un número de cuerpos de animal a los cuales debe cambiarse el agua.

#### 5.4.2.2.6. Depilado, chamuscado y flagelado

Inmediatamente después del escaldado, el animal es transportado al depilado donde se elimina el pelo sin dificultad como consecuencia del proceso de escaldado, los instrumentos utilizados en España para realizar este proceso son varios, normalmente el método más utilizado es ubicar al animal en una superficie estéril y de fácil manejo, se introduce al animal en una cuna con unas cuchillas metálicas que recorren la superficie de este mientras que recibe un chorro de agua a presión, esta acción desprende los pelos y quedan separados de lo que será la canal.

El chamuscado tiene lugar después del proceso descrito anteriormente y se utiliza para eliminar los pelos residuales que el depilado debido a que son zonas de difícil acceso no puede retirar, el proceso se lleva a cabo con el animal suspendido de sus extremidades posteriores que atraviesa un horno dotado de quemadores laterales, normalmente de gas propano. Después un técnico audita la eficiencia de este proceso y si es necesario aplica un soplete manual que chamusca los pelos residuales que puedan quedar.

A continuación, se produce el flagelado, los animales en estado de suspensión, pasan a través de unos rodillos equipados con tiras elásticas que giran y golpean el cerdo, su misión es arrancar los residuos que quedan adheridos a la piel en los procesos anteriores, esta operación va acompañada de una ducha que hace que estos residuos fluyan junto con la corriente de agua, el equipo se puede visualizar en la figura:

**Figura 18.** Túnel flagelador.



*Fuente: (Mecanova)*

#### 5.4.2.2.7. *Eviscerado y marcado*

La evisceración se efectúa inmediatamente después de haber concluido el flagelado, se vuelve a remarcar la importancia de realizar todo el proceso de forma ligera debido a la posible descomposición de las vísceras, por ello cuando se efectúa la evisceración solo han pasado 45 minutos desde el aturdimiento hasta un máximo de una hora en los casos más desfavorables.

Este proceso toma un papel vital en la calidad ya que, si no se realiza correctamente, puede provocar que las condiciones higiénico-sanitarias de la canal no sean las que marca la ley y se debe desechar. En este proceso como su nombre indica se retiran las vísceras del animal, se diferencian en dos grupos:

- **Vísceras Blancas:** Aquí se incluyen los intestinos, estómago, sesos, mollejas y criadillas.
- **Vísceras Rojas:** Constituidas por hígado, corazón, la lengua, los pulmones, el riñón y el bazo.

Estos productos tienen un bajo interés comercial comparado con la carne, en ocasiones se utilizan para alimentación humana y otras muchas para alimentación animal o son desechados de forma correcta conforme marca la ley.

El animal sigue suspendido por las extremidades posteriores, para la evisceración, se realiza una incisión longitudinal comenzando entre los pernils a nivel de la pelvis y se desciende en línea recta hasta el límite de la mandíbula, también, se realiza una sección del hueso de la cadera y el esternón.

Después de extraer las vísceras en dos grupos como antes comentado, se separa la grasa de manteca. Se realiza una incisión en el diafragma y se extrae estirando hacia arriba en dirección a la cadera.

Después de este procedimiento y tal como dicta la normativa, el veterinario realiza una inspección post-mortem sobre todas las partes del cerdo y determina si la carne es adecuada para el consumo humano. Esta inspección es obligatoria en todos los países de la unión europea según Reglamento 854/2004 por el que se establecen las normas específicas para la organización de los controles oficiales de los productos de origen animal para consumo.

Esta inspección se realiza previa a la refrigeración y se comprueban los siguientes aspectos:

- Identificación de lesiones y clasificación en agudas y crónicas.
- Determinación de la calidad del proceso desde la inspección pre-mortem.
- Comprobación de la correcta retirada del material específico de riesgo.
- Comprobación de la documentación del animal.
- Evaluación de la gestión de residuos post evisceración.
- Solicitar pruebas complementarias a la inspección.

Si el veterinario, diagnostica en alguna canal la presencia de una enfermedad de declaración obligatoria, se comunicará a las autoridades veterinarias, a la explotación de origen de los animales, así como al representante legal de la explotación ganadera. Si se considera de riesgo sanitario se alertará también a las autoridades competentes y se pondrá en cuarentena el lote hasta la obtención de resultados que dicten si conlleva un riesgo sanitario o no.

Después de este control, las canales se marcan con tinta indeleble o fuego con ayuda de un sello dotado de las siguientes características:

- Siglas del país expedidor
- Número del registro General Sanitario de alimentos del matadero
- Siglas CEE.

#### 5.4.2.2.8. *Despiece*

Consiste en separar las diferentes partes y piezas del animal, se puede realizar en frío en salas de despiece que deberán pasar antes por una cámara de oreo donde la canal debe alcanzar una temperatura de 7°C o en caliente. En el caso del cerdo ibérico, se hace en caliente.

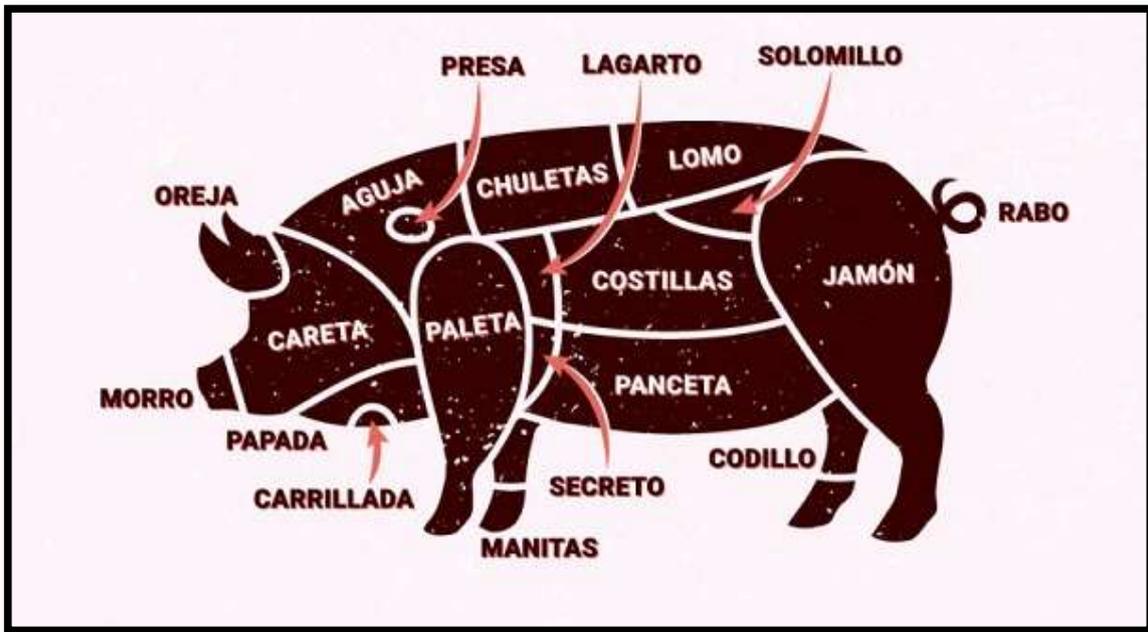
La sala de sacrificio y la de despiece deberán estar próximas e inmediatamente después del despiece se deben introducir en cámaras frigoríficas a 0°C

El proceso se inicia separando la cabeza del tronco, después se saca el espinazo para dividir la columna en dos mitades iguales. Luego se procede a la extracción de las costillas y posteriormente los lomos separándolos del jamón y el tocino.

Una vez terminado el despiece, se lleva a cabo el escogido de magros, donde se retira la grasa hasta el nivel deseado dependiendo de los productos elaborados que se vayan a fabricar.

Los productos extraídos de mayor valor son el jamón, la paleta y el lomo, los cuales se someten a un proceso de curación hasta su consumo. A continuación, se puede ver una imagen con todos los cortes comestibles del cerdo.

**Figura 19.** Cortes comestibles del cerdo



*Fuente: (Mercado Tirso de Molina)*

El agua residual producida se estima del orden de 5 litros de agua por kilogramo de animal vivo, arrastrándose en general moderadas cantidades de purines, restos de carne, sangre, pelos, trozos de vísceras y grasa superficial entre otros residuos, que en su conjunto hacen que el agua tenga un elevado contenido de materia orgánica, materias en suspensión, aceites y grasas, nitrógeno (amoniaco y orgánico), fosfatos y detergentes y desinfectantes de las limpiezas

### 5.4.3. Limpieza de las instalaciones

La limpieza de las instalaciones comienza por un adecuado plan de desinfección, hay que definir varios puntos:

- ¿Qué se limpia?

Se debe de realizar una lista de elementos que hay que limpiar (zonas de la instalación, superficies, equipos...) e indicar su ubicación si fuere necesario.

- ¿Cómo se limpia?

Para cada elemento constituido en el apartado anterior se deben dar unas especificaciones tales como, productos a utilizar, diluciones y dosis en las que deben utilizarse, si se necesita algún utensilio especial de limpieza o si se debe aplicar un método en concreto para hacerlo.

- ¿Cuándo se limpia?

Establecer frecuencia de limpieza y el momento en el que se hace, por ejemplo, limpieza diaria después de cada turno.

- ¿Quién lo limpia?

Las personas a las que se les asigna esta tarea. Además, estas personas deben estar formadas correctamente para tener claro los riesgos que conllevan los productos que están utilizando tanto para ellos como para la calidad de la carne que se apoyará sobre superficies y equipos que se están limpiando así como las fichas de seguridad de cada producto y que hacer en caso de accidente.

Así como realizar una comprobación de las superficies para comprobar que la limpieza se a efectuado correctamente, para ello se recogen muestras de las superficies una vez desinfectadas con placas de contacto específicas como agar, este cultivo se analiza para hacer un recuento de colonias de aerobios mesófilos y enterobacterias.

Los estándares que se han de cumplir son:

Límite para aerobios mesófilos: <10 colonias/cm<sup>2</sup>

Límite para enterobacterias: <1 colonia/cm<sup>2</sup>

En el anexo II se puede encontrar un plan de control de limpieza. A continuación, se especifica el tipo de aguas encontrado en cada proceso descrito anteriormente:

- Estabulación: La corriente de agua residual generada se caracteriza por tener una carga orgánica elevada además de grandes y pequeños sólidos en suspensión debido a la gran cantidad de purines y suciedad que llevan los animales.
- Desangrado: Son vertidos orgánicos con alta carga orgánica y nitrogenada se puede encontrar una DQO de 375.000 mg/L, así como grandes cantidades de nitrógeno con una relación carbono/nitrógeno de estimadamente 3:4. Por lo que se obtiene una carga de 1 a 2Kg de DBO<sub>5</sub> por cada tonelada de peso habiendo vertidos parciales de sangre pudiendo llegar a 5.8Kg si el vertido es total.
- Escaldado: Se tiene un gran volumen de agua de 18 a 36 Litros por cerdo, también tiene una elevada carga orgánica, pelo y sólidos pequeños en suspensión así como grasa superficial.
- Evisceración: se genera poco volumen ya que los grandes sólidos son recogidos y procesados por otros medios aunque pueden ser arrastrados y quedar restos en el suelo que acabarán en las aguas residuales como grasas, sangre y contenidos digestivos.
- Lavado de canales: además de lo mencionado anteriormente, pueden contener productos desinfectantes que se aplican a las canales.

Por esta razón es esencial diseñar un proceso de depuración que pueda eliminar todo el contenido orgánico que se genera en estos procesos.

## 6. Diseño de la Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR

### 6.1. Requisitos de diseño

Se busca diseñar una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) funcional y específica para los desechos de producciones porcinas que realizan estabulación, sacrificio y despiece de cerdos, para ello se han fijado varios requisitos de diseño:

1. Que la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) sea capaz de ayudar a la instalación a generar las condiciones óptimas para la producción con un alto estatus sanitario.
5. Mantener el equilibrio entre el personal de trabajo, manejo y especialización de los trabajadores.
6. Pensar en estrategias de diseño de forma holística, sin perjudicar a la instalación ya existente.
7. Cuando se plantea el diseño de la EDAR para porcinos, se debe tener en cuenta del sistema que forma parte y las necesidades del entorno.
8. Al realizar la construcción de la instalación hay que estar consciente que más adelante pueden existir cambios en la estructura, por ejemplo, en caso de que se desee expandir la instalación.
9. Es muy común observar que en las empresas porcinas de pequeñas y medianas escalas hay mucha falta planificación, por lo tanto se debe adaptar la instalación.
10. Es importante que al realizar las instalaciones se considere la funcionalidad, el costo económico para su implantación, desde la operación hasta el mantenimiento. Estas inversiones deben justificarse por el mejoramiento de la productividad.
11. Hay que recordar que la instalación porcina debe estar construida según las variantes climáticas donde esté ubicada. La construcción de una instalación porcina no será igual en una zona cálida que en una zona templada y por lo tanto su EDAR se verá influenciada.

## **6.2. Estación Depuradora de Aguas Residuales para productos cárnicos**

A continuación, se diseñará la estación depuradora de aguas residuales industriales habiendo distinguido entre pretratamiento, el cual se explica y se dan a conocer las alternativas y el tratamiento más adecuado, y el diseño en profundidad del tratamiento biológico en el que se ha dimensionado realizando los cálculos oportunos.

### **6.2.1. Pretratamiento.**

La generación de aguas residuales en este sector se caracteriza por tener un alto volumen y por tener una elevada carga contaminante.

Como se ha comentado anteriormente, el agua residual en los mataderos, procede principalmente de la limpieza de las instalaciones y tiene una elevada carga orgánica.

Por ello, se hace necesario un planteamiento segregado, añadiendo un tratamiento físico/químico previo al agua procedente de las limpiezas, para lograr así una composición homogénea y poder juntar las aguas procedentes de ambos procesos para el posterior tratamiento biológico, con el objetivo de eliminar la materia orgánica así como el nitrógeno y el fósforo si fuera necesario.

El sistema de pretratamiento se compone de los siguientes elementos:

- Eliminación de macro sólidos por medio de rejillas y tamices.
- Balsa aireada de homogeneización.
- Sedimentación.
- Sistema fisicoquímico de separación de grasas y sólidos por coagulación-floculación y posterior flotación.
- Corrección de pH

#### **6.2.1.1. Desbaste**

El desbaste se realiza por medio de rejillas y tiene como objetivo separar los cuerpos flotantes y en suspensión más voluminosos que arrastra el agua. Este proceso ayuda a evitar obstrucciones en tuberías y conducciones, mejorar el funcionamiento de las unidades posteriores y aumentar su eficiencia.

Hay un extenso abanico de rejas en el mercado actual, pueden ser:

- Horizontales, verticales, inclinadas y curvas.
- Finas, medias y gruesas.
- Fijas o móviles.
- De limpieza automática, semiautomática o manual.

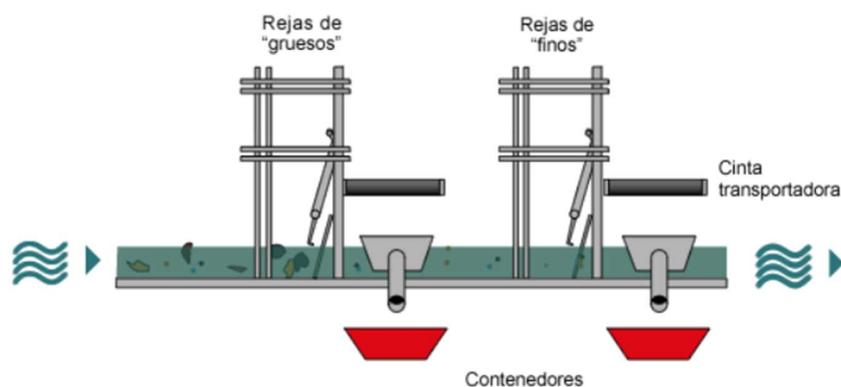
La elección del tipo de rejas dependerá del tipo de cuerpos flotantes presentes a la entrada de la EDAR, se supone que estos cuerpos pueden ser vísceras, trozos de carne y otros cuerpos que estén en el suelo los cuales son arrastrados por el agua de limpieza, por ello, se considera que una reja inclinada de separación entre 1,5-2 cm será suficiente para impedir la incorporación de estos sólidos voluminosos al tamizado.

Se recomienda una velocidad de paso a caudal medio mayor a 1m/s y se deberá prever un porcentaje de atascamiento aproximadamente del 20% debido a que el volumen de estos sólidos no es muy elevado.

Es importante añadir un sistema de limpieza automático, el sistema consiste en unos peines que recorren la reja de abajo arriba recogiendo los sólidos que quedan retenidos en esta y sacándolos del circuito. Los sólidos extraídos pueden almacenarse en un contenedor con tapa para su posterior tratamiento, el cual debe de ser temprano, debido a que la naturaleza orgánica de estos sólidos propicia una descomposición temprana que puede producir fuertes olores e insectos.

En la figura 10, se puede observar el proceso de desbaste, con dos tipos de rejas, las cuales filtran las partículas de distintos tamaños, luego, el contenedor de estas partículas es movido por una cinta transportadora a el vertedero indicado.

*Figura 20. Proceso de desbaste en una EDAR*



*Fuente: (Consortio de Aguas, Principado de Asturias, 2007)*

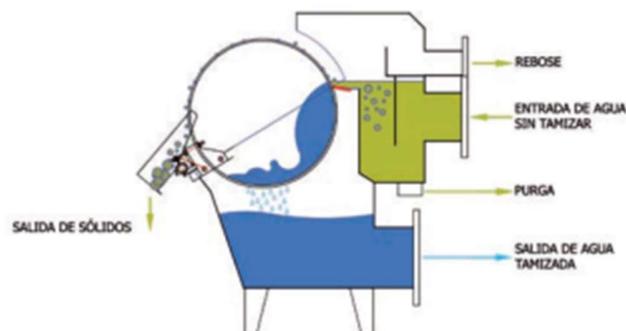
### 6.2.1.2. Tamizado

En el tamizado, se afina el proceso de eliminación de residuos sólidos, tienen una capacidad de eliminación hasta el 10% de SST debido a que la luz de malla es inferior, proporcionando más capacidad de retención. El tipo de sólidos que podemos encontrar en esta etapa, pueden ser: pelos, coágulos de sangre, venas, nervios y sólidos de tamaño inferior a la luz de malla instalada en el desbaste. Los tamices se diferencian entre estáticos y dinámicos o rotativos.

**Estáticos:** Ofrece una opción de separación económica en proceso continuo con poco mantenimiento y nula incorporación de energía. El fluido a tratar es llevado a la cabeza del tamiz donde se produce un desbordamiento laminar y el vertido se desliza suavemente por la malla filtrante reteniendo los sólidos en la superficie de esta. El líquido filtrado, cae en el depósito inferior siendo evacuado mediante tubería por gravedad. No es un método adecuado para la industria cárnica por la gran cantidad de grasa que se encuentra en el agua residual.

**Dinámicos o rotativos:** El tamiz rotativo, es un filtro de alta capacidad con menor tamaño que otros tamices, la separación se efectúa de forma continua donde el vertido a tratar entra en el tamiz por la tubería de entrada, distribuyéndose de forma uniforme por el aliviadero y rebosadero a través del tambor filtrante, que gira a baja velocidad. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie del mismo y son conducidas a una rasqueta encargada de separarlas y depositarlas sobre una bandeja inclinada para su caída por gravedad. El líquido que pasa a través de la malla es conducido hacia la salida.

**Figura 21** Tipo de tamizado dinámico o rotativo



**Fuente:** (Toro, 2012)

Este tipo de tamiz precisa de un mayor mantenimiento y requisitos de energía, debido a sus partes móviles.

### 6.2.1.3. Homogeneización

La homogeneización ayuda a la planta de tratamiento posterior. Su objeto es amortiguar los efectos de cargas puntuales que pueden desequilibrar el reactor, por lo que garantiza una operación continua y una mayor fiabilidad en el dimensionamiento y control del proceso, esta debe disponer de aireación y agitación para evitar fermentaciones sobre todo en el fondo de la balsa donde se depositan los sólidos.

#### 6.2.1.4. *Sedimentación*

La sedimentación tiene como objetivo separar sólidos en suspensión. En la sedimentación se realizan operaciones como:

- Desarenado
- Desengrasado
- Espesado de fangos

Siendo para el caso de un matadero, el desengrasado el principal objetivo del sedimentador, en este caso se incorporan dos sedimentadores, uno primario antes del tratamiento biológico y otro secundario para decantar los fangos biológicos del sistema después del tratamiento biológico antes comentado.

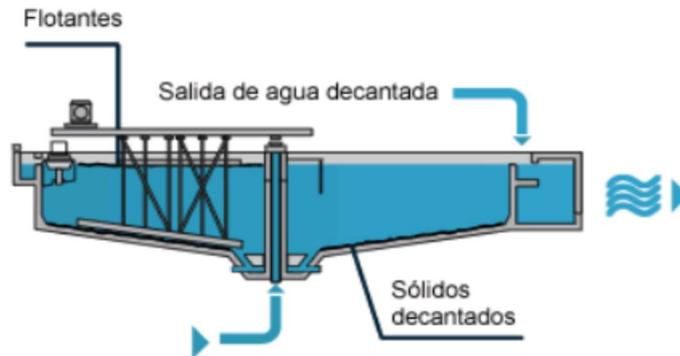
Existen diferentes geometrías de sedimentadores en función de las características de las partículas que se busca sedimentar. Para el caso de la industria cárnica entendiendo que la depuración de aguas no es la actividad principal y puede tener restricciones de espacio se considera una opción viable la instalación de sedimentadores lamelares eliminando hasta el 55% de SS, y 25% de DQO y DBO5.

Cabe mencionar el sistema de flotación por aire disuelto (DAF), es un procedimiento con altos rendimientos de eliminación ya que se eliminan las partículas sólidas más finas junto con las fases flotantes que pudieran existir en el agua a través de la introducción de aire.

El proceso de flotación, se produce a través de la generación de microburbujas de aire en el fondo, otorgándoles una velocidad de ascensión al conjunto partícula-gas muy rápida, en su ascensión las burbujas se adhieren a sólidos ligeros y material hidrofóbico, como aceite y grasa haciéndolos que floten y formen en la superficie una capa espumosa que se puede separar por rebosamiento. Es 5 veces más rápida que la decantación convencional. El agua bruta se mezcla con una corriente de agua reciclada desde el compartimento de salida. El agua tratada, es recirculada a través de una bomba a un sistema de saturación de aire a 3-5 bares de presión, por la ley de Henry cuando esta corriente pasa a presión atmosférica disipa el exceso de aire.

Se pueden añadir aditivos químicos para facilitar el proceso de flotación, creando una superficie que permite atrapar mejor las burbujas de aire.

**Figura 22** sistema de sedimentación y flotación de partículas



**Fuente:** (Consortio de Aguas, Principado de Asturias, 2007)

#### 6.2.1.5. *Coagulación y floculación.*

Si al decantador le precede un tratamiento de coagulación y floculación, el rendimiento de separación de SST es mucho mayor. Las altas concentraciones de grasas, sólidos y DQO que se dan en este tipo de aguas pueden ser eliminadas con este tratamiento hasta en un 90%. El proceso ocurre en tres etapas.

**Coagulación:** Desestabilización de los coloides mediante neutralización de la carga eléctrica

**Floculación:** Agregación de las partículas desestabilizadas formando partículas fácilmente sedimentables

**Separación:** Los coagulantes de la sangre (Sulfato de aluminio y cloruro férrico) pueden ser añadidos en el decantador para aumentar la floculación, precipitación y flotación de grasas y proteínas.

#### 6.2.1.6. *Corrección de pH*

Los nitrosomas, son un género de bacterias elipsoidales responsables de transformar amonio ( $\text{NH}_4$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) reacción que tiene lugar en el tanque anóxico/aerobio. Estas bacterias tienen una velocidad específica de crecimiento que se reduce de forma acusada cuando el pH baja de 7,5 por lo que es necesario hacer una corrección de pH para aumentar la eficiencia de eliminación de  $\text{N}_2$ . Para este propósito se dosifica NaOH disuelto en el agua que aumentará el pH de la corriente introducida en el reactor.

### 6.2.2. Tratamiento biológico

El pretratamiento primario y/o químico únicamente no sería suficiente para reducir altas cargas de entrada de contaminantes y cumplir con los estándares de vertido. El principal objetivo del tratamiento biológico es la estabilización de la materia orgánica, la coagulación y eliminación del material coloidal no sedimentable, así como la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo). Debido a la alta biodegradabilidad de los compuestos de mataderos, los procesos biológicos se consideran adecuados para complementar el tratamiento de sus aguas residuales.

La principal característica del tratamiento biológico es que utiliza microorganismos (bacterias especialmente) para llevar a cabo la eliminación de componentes no deseados en el agua. Los tratamientos biológicos se distinguen entre los siguientes sistemas, dependiendo del aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica.

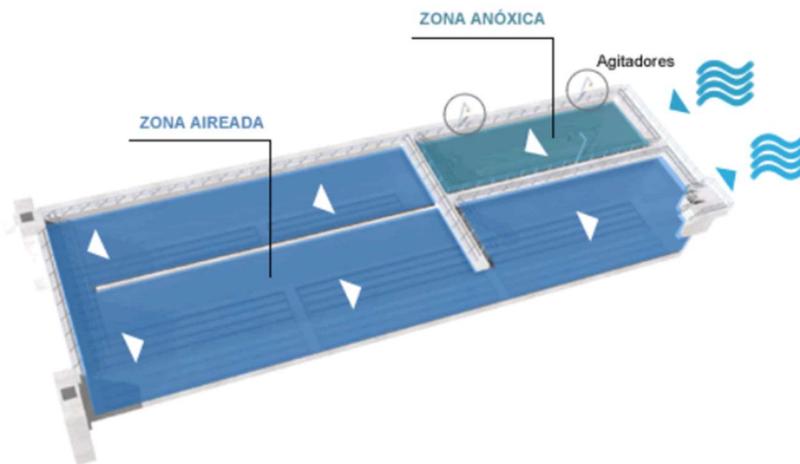
**Procesos aerobios:** Se utiliza el oxígeno molecular como aceptor de electrones, se provoca una elevada generación de fangos debido al crecimiento de las bacterias aerobias.

**Procesos anaerobios:** Los microorganismos generan energía por medio de la fermentación y en ausencia de oxígeno. El aceptor de electrones puede ser el CO<sub>2</sub> o parte de la materia orgánica, generando metano como subproducto.

**Procesos anóxicos:** Operan en presencia de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que es el aceptor de electrones, transformándose en N<sub>2</sub>. En ciertas condiciones se puede conseguir una desnitrificación.

En la Figura 23, se puede observar las distintas zonas diferenciadas donde se pueden ubicar los reactores biológicos, sin embargo, no todas las instalaciones cuentan con la infraestructura adecuada para tener los distintos procesos.

**Figura 23** Zonas o procesos biológicos presentes en una EDAR



**Fuente:** (Consortio de Aguas, Principado de Asturias, 2007)

Para este diseño se ha optado por un **tratamiento aerobio**, ya que se emplean con frecuencia para la eliminación de nutrientes y el tratamiento posterior al tratamiento primario. Presenta ventajas como la baja producción de olores frente a procesos anaerobios y mayor flexibilidad de condiciones operacionales.

Dentro de los procesos aerobios, se debería hacer un informe económico-operacional para determinar qué método aerobio es el óptimo para el proceso, en nuestro caso se ha elegido el de fangos activos.

#### 6.2.2.1. *Proceso de fangos activados.*

Este proceso consiste en la producción activada de microorganismos dispersos en forma de flóculos biológicos (fangos activados) previamente formados en un tanque aireado y agitado alimentado con el agua a depurarse. Parte de los fangos son recirculados al tanque de aireación o al reactor biológico para mantener una elevada concentración de microorganismos operativos en el reactor. Además de estabilizar la materia orgánica, elimina nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno, fósforo y azufre. En el caso del nitrógeno, oxida el nitrógeno amoniacal a nitrato. Es necesaria una desnitrificación posterior a nitrógenos gaseosos en condiciones anóxicas para eliminar el nitrógeno.

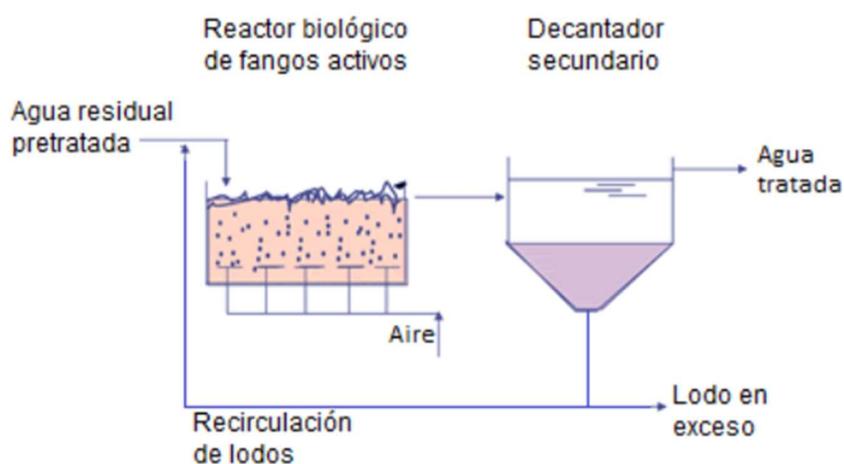
Los parámetros a controlar en el funcionamiento de este proceso son los siguientes:

- Aireación.
- Concentración de microorganismos en el tanque de aireación
- Relación A/M
- Edad celular

Para las etapas aerobias, el sistema considerado es el de fangos activados, cuyo tipo de reactor utilizado será de mezcla completa (tanque de flujo continuo con agitación provocada por la aireación), para que el agua entrante se distribuya de manera uniforme en el reactor, adecuando las cargas contaminantes de mejor maneja que otros tipos de reactores. El sistema aerobio será de etapas conjuntas de oxidación del carbono y nitrificación en el mismo reactor, debido al control estable del líquido mezcla, por la alta relación de  $DBO_5/NKT$  en el agua residual entrante.

En la figura 24, se puede observar el esquema de funcionamiento del sistema de fangos activos en una EDAR

**Figura 24** Esquema de funcionamiento de fangos activos junto a un decantador secundario



**Fuente:** (GEDAR, 2016)

### 6.3. Cálculos para el tratamiento biológico

En este apartado se van a realizar los cálculos de la instalación propuesta. En primer lugar, se indicarán los datos de partida para el diseño de la instalación.

#### 6.3.1. Datos de partida:

- Caudal tras el pretratamiento ( $Q_a = 100 \text{ m}^3/\text{d}$ )
- Concentraciones a la entrada de la EDAR:

$$[\text{DQO}]_a = 16.7 \text{ kg/m}^3$$

$$[\text{DBO}_5]_a = 10 \text{ kg/m}^3$$

$$[\text{SS}_T]_a = 9.5 \text{ kg/m}^3$$

$$[\text{NKT}]_a = 0.2 \text{ kg/m}^3$$

- Concentración a la salida del reactor:  $[\text{SSLM}] = 3.5 \text{ kg/m}^3$
- Concentración de sólidos en suspensión en la purga:  $[\text{SS}_w] = 8 \text{ kg/m}^3$
- Concentración de nitrógeno límite según normativa que puede tener el agua por debajo de valores de vertido:  $[\text{N}_{\text{lim}}] = 0.015 \text{ kg/m}^3$
- Peso en seco del Nitrógeno: 12%
- Porcentajes de eliminación del decantador primario:

$$\eta_{\text{DQO}} = 70\%$$

$$\eta_{\text{DBO}_5} = 70\%$$

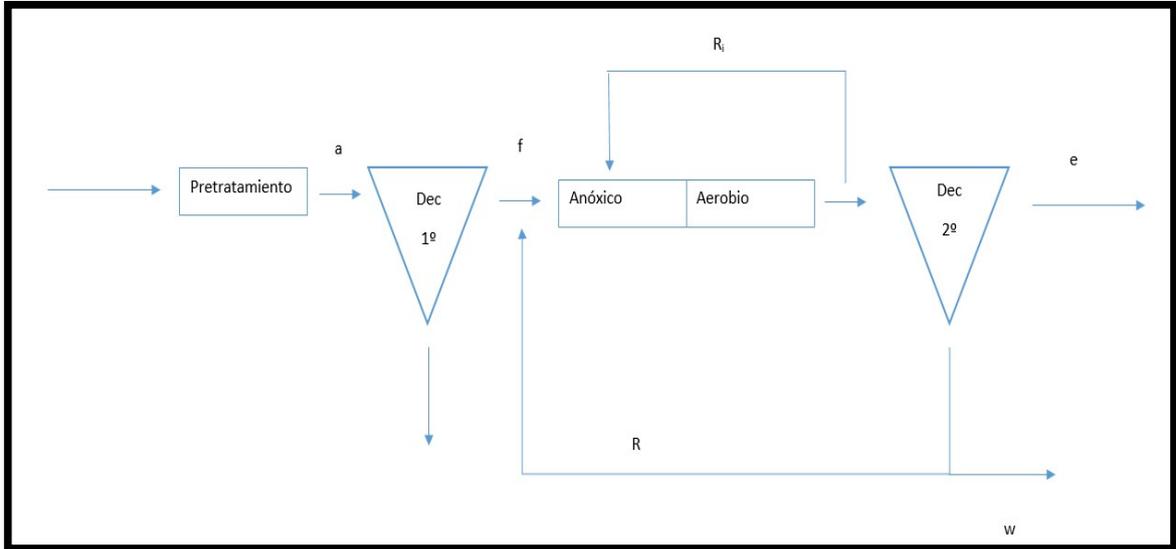
$$\eta_{\text{SST}} = 80\%$$

- Edad del fango:  $\theta = 20$  días

Algunos de estos datos se han obtenido del ejercicio propuesto en el PoliformaT y otra parte del Trabajo de Fin de Máster: Diseño de una estación depuradora de aguas residuales de una industria agropecuaria (Amaral Barros, Fabiana, 2018). De la Universidad de Valladolid.

En la figura 25 se puede ver un esquema del sistema de depuración donde se han identificado las entradas y salidas de este para realizar los cálculos.

Figura 25. Esquema del sistema de depuración.



Fuente:(PoliformaT)

### 6.3.2. Balance de materia al decantador primario.

Entrada = Salida. Aplicando los rendimientos de eliminación

$$m_{SST} = (1 - \eta_{SSF}) \cdot Q_a \cdot [SS_T]a$$

$$m_{DQO} = (1 - \eta_{DQO}) \cdot Q_a \cdot [DQO]a$$

$$m_{DBO_5} = (1 - \eta_{DB_5}) \cdot Q_a \cdot [DBO_5]a$$

$$m_{SSFf} = 190 \frac{kgSS}{d}$$

$$m_{DBO_5f} = 300 \frac{kgDBO_5}{d}$$

$$m_{DQOf} = 501 \frac{kgDQO}{d}$$

$$P_E = \frac{KgSS}{KgDBO_5}$$

$$P_e = 0.63 \frac{KgSS}{KgDBO_5}$$

### 6.3.3. Producción neta: $\Delta x$

$$\Delta x = P_e Q_f DBO_{5f}$$

$$\Delta x = 142.5 \frac{KgSS}{d}$$

### 6.3.4. Volumen del reactor anóxico/aerobio.

$$V = \frac{\theta \cdot \Delta x}{SSLM}$$

$$V = 814.286 \text{ m}^3$$

$$V_{anox} = V \cdot 30\%$$

$$V_{aerobio} = V \cdot 70\%$$

$$V_{anox} = 244.286 \text{ m}^3$$

$$V_{aerobio} = 570 \text{ m}^3$$

### 6.3.5. Carga Másica

$$Cm = \frac{1}{Pe \cdot Q_a}$$

$$Cm = 0.0142 \frac{KgDBO_5}{kgSS}$$

### 6.3.6. Recirculación externa

$$R_{externa} = \frac{SSLM}{SS_W - SSLM}$$

$$R_{externa} = 0.778$$

### 6.3.7. Recirculación interna:

Hay que hacer un balance de  $N_2$  a la instalación

$$\text{entrada} = \text{salida} + \text{asimilación} + \text{eliminación anóxico}$$

$$[NKT]_f \cdot Q_f = [NKT]_e \cdot Q_e + N\% \cdot SS_{vol\%} \cdot [DBO_5]_f + R_{externa} \cdot Q_f \cdot [NKT]_e + r_i \cdot Q_f \cdot [NKT]_e$$

Despejando la recirculación externa, es decir,  $r_i$ .

$$r_i = 3$$

### 6.3.8. Cálculo de la necesidad de $O_2$

**Tabla 7** Necesidad de  $O_2$  para la eliminación de la materia orgánica ( $gO_2/gDBO_{5f}$ )

Edad del Fango	Eliminación de Sustrato	Respiración Endógena
10	0.6	0.5
12	0.62	0.53
14	0.62	0.56
16	0.62	0.58
18	0.62	0.6
20	0.62	0.62

Sabiendo que para el cálculo de oxígeno se considera un consumo de 4.6g de  $O_2$  por cada gramo de nitrógeno amoniacal nitrificado y la equivalencia de 2.9 g de  $O_2$  con 1 g de  $N-NO_3$  en la oxidación de la materia orgánica

La edad del fango ( $\theta$ ) es 20 días, es decir, el valor de eliminación de sustrato y respiración endógeno obtenidos de la tabla 1, son ambos 0.62.

$$CO = (0.62 + 0.62) \cdot DBO_{5f} + 4.6 \cdot Q_f \cdot NKT(4.6 - 2.9) \cdot (r_i + R_{ext}) \cdot (Q_f \cdot NKT)$$

$$CO = 592.623 \frac{kgO_2}{d}$$

### 6.3.9. Caudal de fango en la purga

Balance de materia de SS en el decantador secundario:

$$\Delta x = SS_w \cdot Q_w + SS_e \cdot Q_e$$

Sabiendo que la concentración de sólidos en suspensión a la salida del decantador secundario es 0.

$$\Delta x = SS_w \cdot Q_w$$

Despejando el caudal, obtenemos:

$$Q_w = 17.812 \frac{m^3}{d}$$

## 6.4. Consideraciones finales

El diseño realizado se detalla en el diagrama de bloques 1, en el cual se muestra el tipo de sistema elegido y el orden, en nuestro caso se ha optado por un sistema DAF ya que tiene un mayor rendimiento que un decantador convencional, por la naturaleza de los sólidos en suspensión, como pueden ser pelos y grasas se cree que la flotación por aire disuelto con un adecuado tratamiento de coagulación-floculación puede ayudar al proceso de depuración.

Se ha optado como se observa en el diagrama de bloques 1, por un proceso de fangos activos por medio de un reactor, el cual funciona como reactor aerobio y tanque anóxico para la eliminación de  $N_2$  necesario en esta industria por la carga de este en el agua. Se observa en la tabla 1 que el volumen del reactor aerobio es mayor que del tanque anóxico con  $570m^3$  frente a  $244m^3$ .

Como la carga másica es menor que 0.1, podemos determinar que la alimentación de  $O_2$  es por aireación prolongada.

La recirculación externa es menor que la recirculación interna al reactor como era de esperar, mientras que la necesidad de  $O_2$  es bastante elevada por lo que se tendría que instalar un sistema de recolección de  $O_2$  para ahorrar costes con empresas suministradoras.

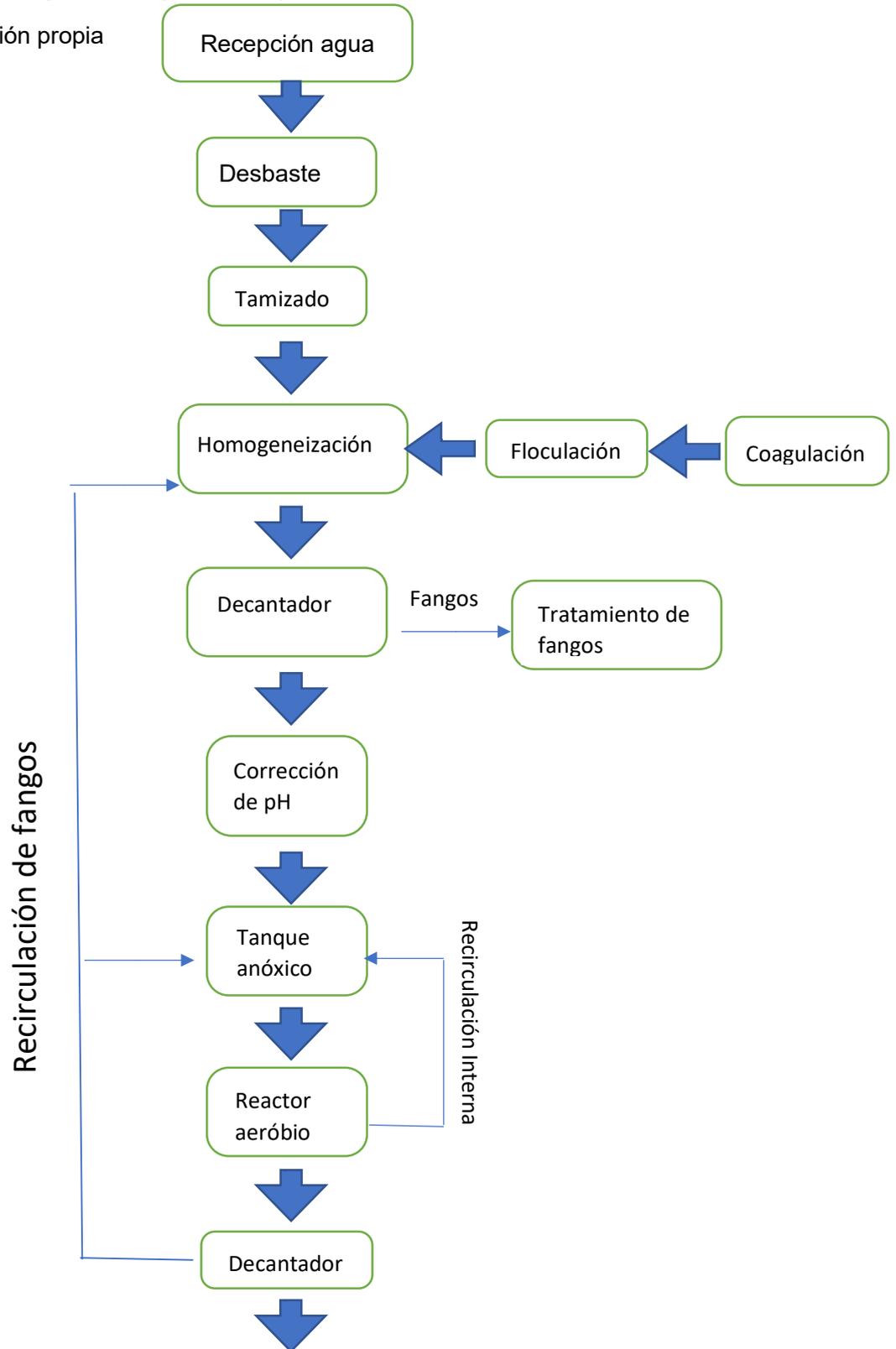
El caudal de fangos en la purga son aproximadamente  $18m^3/d$ , esto quiere decir que al día se deben de extraer este volumen de fango del decantador secundario ya que dificultarían la decantación. Estos fangos deben de ser procesados, se debería hacer a través de un gestor de residuos autorizado ya que estos fangos pueden generar malos olores y contienen patógenos, por lo que se deberían almacenar en un contenedor hermético de una capacidad de unos  $140m^3$  y programar una recogida semanal con el gestor autorizado.

**Tabla 8** Resumen final de los datos obtenidos.

<b>Volume n reactor anóxico</b>	<b>Volume n reactor aerobio</b>	<b>Carga másica</b>	<b>R. Interna</b>	<b>R. externa</b>	<b>Necesidad de O<sup>2</sup></b>	<b>Caudal de Fango en la purga</b>
244.286 m <sup>3</sup>	570m <sup>3</sup>	$0.0789 \frac{KgDBO_5}{kgSS}$	3	0.78	$592.623 \frac{kgO}{d}$	$17.812 \frac{m^3}{d}$

**Figura 26** Diagrama de flujo de la instalación diseñada

Fuente: elaboración propia



## 7. Estudio de viabilidad económica para la Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR

El análisis financiero es un aspecto fundamental para conocer la situación y el desempeño real económico y financiero de la estación. Adicionalmente, permite detectar dificultades ocultas y realizar las correcciones adecuadas para dichos problemas, dicho análisis financiero es una herramienta analítica clave que determina la rentabilidad, la gestión de los recursos, y predice el futuro de la empresa (Nava Rosillón, 2009).

Para poder desarrollar un estudio de viabilidad económica, se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales: la producción, es decir la cantidad de producto elaborado que se va a vender, los costos que se tienen para poder elaborar dicho producto y los ingresos que se obtiene al momento de vender el producto o la transformación de este.

Para aterrizar el análisis a índices reales, se tuvieron en cuenta tres informes: El Análisis para la regeneración y reutilización de las aguas residuales de la comunidad de Canarias (Valverde et al., 2018). El Proyecto de mejora de las instalaciones EDAR en Asturias (Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2019). Y la Memoria técnica para la concesión administrativa de depuración de aguas residuales en Toledo (Ayuntamiento de Cazalegas, 2020)

### 7.1. Inversión inicial

Se plantea que el diseño de la estación depuradora de aguas residuales EDAR de la planta inicia en cero, es decir no se cuenta con una infraestructura anteriormente establecida, se espera que el terreno sea el mismo que se utiliza para la producción, sin embargo se debe hacer una inversión inicial en lo que respecta a la obra civil, a las instalaciones electromecánicas que incluyen recipientes, equipos mecánicos rotativos, equipos de accionamiento de máquinas, tuberías, válvulas, accesorios, otros equipos mecánicos e inclusive materiales de aislamiento y pintura y a seguridad y salud. Adicionalmente, en la inversión se debe calcular el 13% de los gastos generales y un 6% del beneficio industrial. En la tabla 9 se encuentra los costos de inversión inicial de equipos aproximados.

Tabla 9. Coste de equipos

Descripción	Unidades	Precio unitario	Precio total
Rejillas de desbaste y tamizado	1	€ 11.228,00	€ 11.228,99
Depósito O <sub>2</sub>	1	€ 5.368,00	€ 5.368,00
Decantador	2	€ 11.000,00	€ 22.000,00
Recator Biológico	1	€ 23.390,00	€23.390,00
<b>Total</b>			<b>€ 61.986,99</b>

La inversión total se realiza al momento de implementar la planta, esta inversión no incluye los costos de mantenimiento debido a que en las especificaciones de los proveedores garantizan una larga duración de los equipos con bajo mantenimiento, por lo tanto, en los primeros cinco años no se espera que se necesite realizar un mantenimiento de costos elevados. Los costes de la instalación se muestran en la tabla 10.

**Tabla 10.** Coste de instalación

<b>Especificación</b>	<b>Costo</b>
Obra civil	€ 6.734,43
Equipos	€ 61.986,99
Gestión de residuos	€ 93,53
Seguridad y salud	€ 866,20
<b>Total instalación</b>	<b>€ 69.680,68</b>

A continuación en la tabla 11, se calcula el coste de ejecución material.

**Tabla 11.** Coste de ejecución material

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Personal y mano de obra	€22.340,00
Instalación	€82.920,01
<b>Total</b>	<b>€105.260,01</b>

A este presupuesto se le aplicará un porcentaje de gastos generales del 14% y un beneficio industrial del 6% obteniendo de esta manera el presupuesto de ejecución por contrata, el cual se puede observar en la tabla 12.

**Tabla 12.** Coste de ejecución por contrata

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Ejecución material	€105.260,01
Gastos generales (14%)	€14.736,04
Beneficio Industrial (6%)	€6.315,06
<b>Total</b>	<b>€126.311,11</b>

Calculando el 21% de IVA, se obtiene un coste total de **ciento cincuenta y dos mil ochocientos treinta y seis con cuarenta y cuatro céntimos**

## 7.2. Costos de la explotación

Los costos de la explotación o costos operativos se refieren a todos los gastos necesarios para que la actividad de la empresa o la depuración de las aguas residuales se realice, estos costos son gastos necesarios que garantizan la realización de la actividad principal de forma natural y que no tengan inconvenientes, estos costos están compuestos por costos fijos y costos variables, cuales se compone en varias actividades al año, por ejemplo la utilización de personal, de reactivos, de energía y algunos mantenimientos mínimos.

En la tabla 13, se puede observar la proyección de los costos fijos y totales; estos costos se calcularon en base al crecimiento que se espera tener en la planta y al valor de costos por unidad de m<sup>3</sup>.

**Tabla 13** Proyección de costos a 5 años

	<b>1 año</b>	<b>2 año</b>	<b>3 año</b>	<b>4 año</b>	<b>5 año</b>
<b>Costos fijos</b>	€ 5.234,98	€ 5.758,478	€ 6.334,326	€ 6.967,758	€ 7.664,534
<b>Costos variables</b>					
Personal	€ 3.005,33	€ 3.305,86	€ 3.636,45	€ 4.000,09	€ 4.400,10
Reactivos	€ 10.190,47	€ 11.209,52	€ 12.330,47	€ 13.563,52	€ 14.919,87
Energía	€ 3.858,50	€ 4.244,35	€ 4.668,79	€ 5.135,66	€ 5.649,23
Mantenimiento	€ 1.000,40	€ 1.100,44	€ 1.210,48	€ 1.331,53	€ 1.464,69
Análisis laboratorio	€ 1.500,00	€ 1.650,00	€ 1.815,00	€ 1.996,50	€ 2.196,15
<b>Total</b>	€ 19.554,70	€ 21.510,17	€ 23.661,19	€ 26.027,31	€ 28.630,04
<b>Costos totales</b>	€ 24.789,68	€ 27.268,65	€ 29.995,51	€ 32.995,06	€ 36.294,57

## 7.3. Ingresos y productividad

El volumen de agua regenerada que genera una planta de tratamiento EDAR de estas características es de 40,000 m<sup>3</sup> al año, y basados en los precios actuales del mercado, podrían obtenerse 0.98 €/ m<sup>3</sup>, por lo tanto, se espera un ingreso anual mínimo de 39,200€ en el primer año, luego de esto, y basado en la proyección a 5 años se espera un incremento en la producción del 5%, así como un aumento del 3% anual en el precio. En la tabla 14 se pueden observar las proyecciones:

**Tabla 14** Proyección de la producción e ingresos a 5 años

	<b>1 año</b>	<b>2 año</b>	<b>3 año</b>	<b>4 año</b>	<b>5 año</b>
<b>Producción anual m<sup>3</sup></b>	40.000	44.000	48.400	53.240	58.564
<b>Valor unitario m<sup>3</sup></b>	€ 0,98	€ 1,029	€ 1,08	€ 1,13	€ 1,19
<b>Ingresos anuales</b>	<b>€ 39.200</b>	<b>€ 45.276</b>	<b>€ 52.294</b>	<b>€ 60.399</b>	<b>€ 69.761</b>

#### 7.4. Indicadores de rentabilidad

Los indicadores de rentabilidad, son aspectos y cálculos que permiten determinar si la inversión está funcionando y si el proyecto está trabajando de manera correcta y no a pérdidas, estos indicadores comprueban que la producción es lo suficientemente rentable para devolver el capital que se ha invertido.

En la tabla 15 se presenta un resumen de los valores que deben tenerse en cuenta para calcular los indicadores de rentabilidad, es decir, el flujo de caja, la proyección de producción, los ingresos y los costos de producción.

**Tabla 15** Proyección Flujo de caja a 5 años

	<b>0 año</b>	<b>1 año</b>	<b>2 año</b>	<b>3 año</b>	<b>4 año</b>	<b>5 año</b>
Producción m <sup>3</sup>		40000	44000	48400	53240	58564
Ingresos anuales		€ 39.200	€ 45.276	€ 52.294	€ 60.399	€ 69.761
Costos de producción		€ 24.790	€ 27.269	€ 29.996	€ 32.995	€ 36.295
Inversión	€ 82.920,01					
<b>Flujo de caja</b>	<b>-€ 82.920,01</b>	<b>€ 14.410</b>	<b>€ 18.007</b>	<b>€ 22.298</b>	<b>€ 27.404</b>	<b>€ 33.467</b>

Para poder tener estos indicadores de rentabilidad se calcula la tasa interna de retorno TIR que muestra la rentabilidad que ofrece la inversión o el porcentaje de beneficio o pérdida (en caso de ser negativo) que puede tener la inversión, y se debe tener en cuenta el valor actual neto VAN, el cual analiza cobros e ingresos del proyecto y permite conocer el tiempo real si se está ganando o perdiendo.

**Tabla 16** Indicadores de rentabilidad

Valor actual neto (VAN)	€ -42.078,80
Tasa interna de retorno (TIR)	#NUM

En el escenario planteado, con un precio de venta de €0.980 por m<sup>3</sup>, se presentan pérdidas a 5 años por valor de -42.078,80 € con una tasa interna de retorno (TIR) negativa, es decir, el proyecto a 5 años no sería rentable económicamente dado que es un proyecto a largo plazo debería calcularse para un tiempo mayor.

## 8. Conclusiones

Al realizar el trabajo, se ha investigado y conocido aspectos de la industria cárnica que eran desconocidos para nosotros. La industria cárnica es una industria altamente contaminante, con un gasto de agua de 5 litros por kg de animal, lo que supone un gran impacto medioambiental debido al gran uso de agua que requiere, además las características de las aguas generadas con una alta carga de materia orgánica hacen necesario un correcto diseño de un proceso de depuración de aguas que permita reutilizar el agua y poder verterla a cauce público cumpliendo la normativa.

Una estación depuradora de aguas residuales puede ser funcional y específica para tratar distintos desechos especialmente los de las producciones porcícolas que realizan esta ovulación, sacrificio y despiece, se encontró que estas estaciones depuradoras llegan a ser funcionales debido a su alta capacidad de filtrar y reutilizar así como su rentabilidad financiera.

Cómo se puede observar a lo largo del trabajo, los componentes de una estación depuradora son específicos pero a su vez permiten tener múltiples opciones, dentro de las condiciones necesarias para poder implementar un adecuado tratamiento de agua residual se debe tener en cuenta las condiciones del agua a tratar y el tipo de sistema que se va a seleccionar para que haya una mejor filtración y se cumplan con los estándares mínimos de la calidad del agua.

Es importante tener un buen diseño en los sistemas de depuración, ya que los sólidos en suspensión, la grasa, y otras partículas que provienen de la industria de la carne, pueden afectar los sistemas de decantación convencional o no ser adecuadamente filtrado, por lo tanto, se debe tener en cuenta un adecuado tratamiento de coagulación-floculación para ayudar a los procesos de depuración en la industria de la carne.

También es de vital importancia el bienestar animal, que puede verse influenciado por un diseño erróneo de la instalación, además del proceso de depuración en concreto todos los procesos en el que se incluya el animal han de ser tratados con respeto ya que se está trabajando con seres sintientes.

Como se ha explicado en la justificación académica se ven reforzados algunos de los objetivos de desarrollo sostenible.

## Bibliografía

- Ayuntamiento de Cazalegas. (2020). Memoria técnica económica para la aprobación del expediente de contratación de la concesión administrativa de la depuración de aguas residuales del municipio de Cazalegas Toledo. *Estudios Economicos Toledo*. <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/643444c1-1dda-4ad3-b874-c7d3859c9cea/DOC20201228101014MEMORIA+TECNICA+ECONOMICA.pdf?MOD=AJPERES>
- Balmér, P., & Hellström, D. (2012). Performance indicators for wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 65(7), 1304-1310. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.014>
- Caballero, E. (2006). Movimientos ecologistas en el contexto de los movimientos sociales. *Sociología ambiental*, 217-273.
- Consortio de Aguas, Principado de Asturias. (2007). Funcionamiento de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). *Educación España*. <http://contenidos.educarex.es/mci/2007/11/activid/edar/edar.htm>
- Cotelo, S., & Tristán, T. (2018). *Veganismo. De la teoría a la acción*. Madrid, España: ochodoscuatro ediciones.
- Davarnejad, R., & Nasiri, S. (2017). Slaughterhouse wastewater treatment using an advanced oxidation process: Optimization study. *Environmental Pollution*, 223, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.008>
- FAO. (2022). *Cultivos y Productos de Ganadería por regiones*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

- FoodDrink Europe. (2021, noviembre 15). Data & Trends of the European Food and Drink Industry 2021. *EXPLORE FOODDRINK EUROPE*.  
<https://www.fooddrinkeurope.eu/wp-content/uploads/2021/11/FoodDrinkEurope-Data-Trends-2021-digital.pdf>
- GEDAR. (2016, diciembre 12). *Fangos activos*. Gestion de Aguas y Residuos, comunidad de Granada. <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/fangos-activos.htm>
- Ghio, M., & de la Sota, M. N. L. (2018). Actualización sobre mejoramiento genético porcino en el mundo y en la República Argentina. *Semiárida*, 25(2), 72-73.
- iAgua, redaccion. (2017, noviembre 8). *EDAR en España* [Text]. iAgua; iAgua.  
<https://www.iagua.es/data/infraestructuras/estaciones-depuradoras-aguas-residuales-espana>
- Jasim, N. A. (2020). The design for wastewater treatment plant (WWTP) with GPS X modelling. *Cogent Engineering*, 7(1), 1723782.  
<https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1723782>
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación, Pub. L. No. Ley 16/2002, BOE-A-2002-12995 23910 (2002).  
<https://www.boe.es/eli/es/l/2002/07/01/16>
- Ley 9/2020, de 16 de diciembre, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para intensificar las reducciones de emisiones de forma eficaz en relación con los costes, Pub. L. No. Ley 9/2020, BOE-A-2020-16347 115662 (2020). <https://www.boe.es/eli/es/l/2020/12/16/9>
- Jose. (2018, mayo 22). *¿Por qué los musulmanes y judíos no comen cerdo?* | *Joselito* | *Joselito Blog*. Joselito Blog. <https://blog.joselito.com/es/blog/por-que-los-musulmanes-y-judios-no-comen-cerdo>

- Lloveras, M. (2016). Razas porcinas y mejoramiento genético. *Centro Regional Buenos Aires Norte*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_razas\\_y\\_mejoramiento\\_gentico\\_marcela\\_lloveras.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_razas_y_mejoramiento_gentico_marcela_lloveras.pdf)
- Makara, A., Kowalski, Z., & Saeid, A. (2015). Treatment of wastewater from production of meat-bone meal. *Open Chemistry*, 13(1). <https://doi.org/10.1515/chem-2015-0145>
- Mallik, A., Arefin, M. A., Shahadat, M. M. Z., Mallik, A., Arefin, M. A., & Shahadat, M. M. Z. (2018). Design and feasibility analysis of a low-cost water treatment plant for rural regions of Bangladesh. *AIMS Agriculture and Food*, 3(3), 181-204. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.3.181>
- Méndez, C. D., & Espejo, I. G. (2014). La mirada sociológica hacia la alimentación: Análisis crítico del desarrollo de la investigación en el campo alimentario. *Política y Sociedad*, 51(1), 15-49.
- Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2019). Anteproyecto para la Mejora de las Instalaciones de Tratamiento de la EDAR de Gijón Oeste (Asturias). *B Y O Ingenieros SL*. <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/2ea1c03c-4bfc-4e86-a47c-80221dce3103/DOC20191218175923Anejo+11+Estudio+de+explotacion.pdf?MOD=AJPERES>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2018, septiembre 27). *Porcino*. Produccion y Mercados Ganaderos. <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/porcino/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). Informe Anual de la Industria Alimentaria Española, Periodo 2021-2022. *Dirección General de la industria alimentaria*. [https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/20220624informeanualindustria2021-2022ok\\_tcm30-87450.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/industria-agroalimentaria/20220624informeanualindustria2021-2022ok_tcm30-87450.pdf)

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, & Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas. (2021). El Sector de la Carne de Cerdo en Cifras.

*Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios.*

[https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/indicadoressectorporcino2021\\_tcm30-564427.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/estadisticas/indicadoressectorporcino2021_tcm30-564427.pdf)

Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, Pub. L. No. Real Decreto Legislativo 1/2016, BOE-A-2016-12601 91806 (2016).

<https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2016/12/16/1>

Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos, Pub. L. No. Real Decreto 474/2014, BOE-A-2014-6435 46058 (2014). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/06/13/474>

Real Decreto 306/2020, de 11 de febrero, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las granjas porcinas intensivas, y se modifica la normativa básica de ordenación de las explotaciones de ganado porcino extensivo, Pub. L. No. Real Decreto 306/2020, BOE-A-2020-2110 13761 (2020).

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/02/11/306>

Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas, Pub. L. No. Real Decreto 508/2007, BOE-A-2007-8351 17686 (2007).

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/04/20/508>

Real Decreto 301/2011, de 4 de marzo, sobre medidas de mitigación equivalentes a la participación en el régimen de comercio de derechos de emisión a efectos de la exclusión de instalaciones de pequeño tamaño, Pub. L. No. Real Decreto 301/2011, BOE-A-2011-4118 25236 (2011).

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/03/04/301>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2018, septiembre 27).

*Autorización Ambiental Integrada. AAI.* Vicepresidencia Tercera del Gobierno.

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/medio-ambiente-industrial/prevencion-y-control-integrados-de-la-contaminacion-ippc/autorizacion-ambiental-integrada-aai/default.aspx>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021, noviembre 24).

*Estación depuradora de aguas residuales (EDAR).* Vicepresidencia Tercera del

Gobierno. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/saneamiento-depuracion/sistemas/edar/default.aspx>

Nava Rosillón, M. A. (2009). Análisis financiero: Una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista venezolana de Gerencia*, 14(48), 606-628.

Orozco, F. (2017, noviembre 30). GUÍA de CAMPO de las RAZAS AUTÓCTONAS

ESPAÑOLAS. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.*

[https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/1.1%20Gu%C3%ADa%20de%20campo%20de%20las%20razas%20aut%C3%B3ctonas%20espa%C3%B1olas.\\_tcm30-120392.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/1.1%20Gu%C3%ADa%20de%20campo%20de%20las%20razas%20aut%C3%B3ctonas%20espa%C3%B1olas._tcm30-120392.pdf)

Reglamento (CE) nº 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo., Pub. L. No. Reglamento (CE) nº 166/2006, DOUE-L-2006-80221 (2006). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-80221>

RFEAGAS. (2021, noviembre 4). Landrace. *Real Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto.* <https://rfeagas.es/razas/porcino/landrace/>

Toro, E. (2012, diciembre 4). Tamices Rotativos. *Wastewater Equipment Industries*.

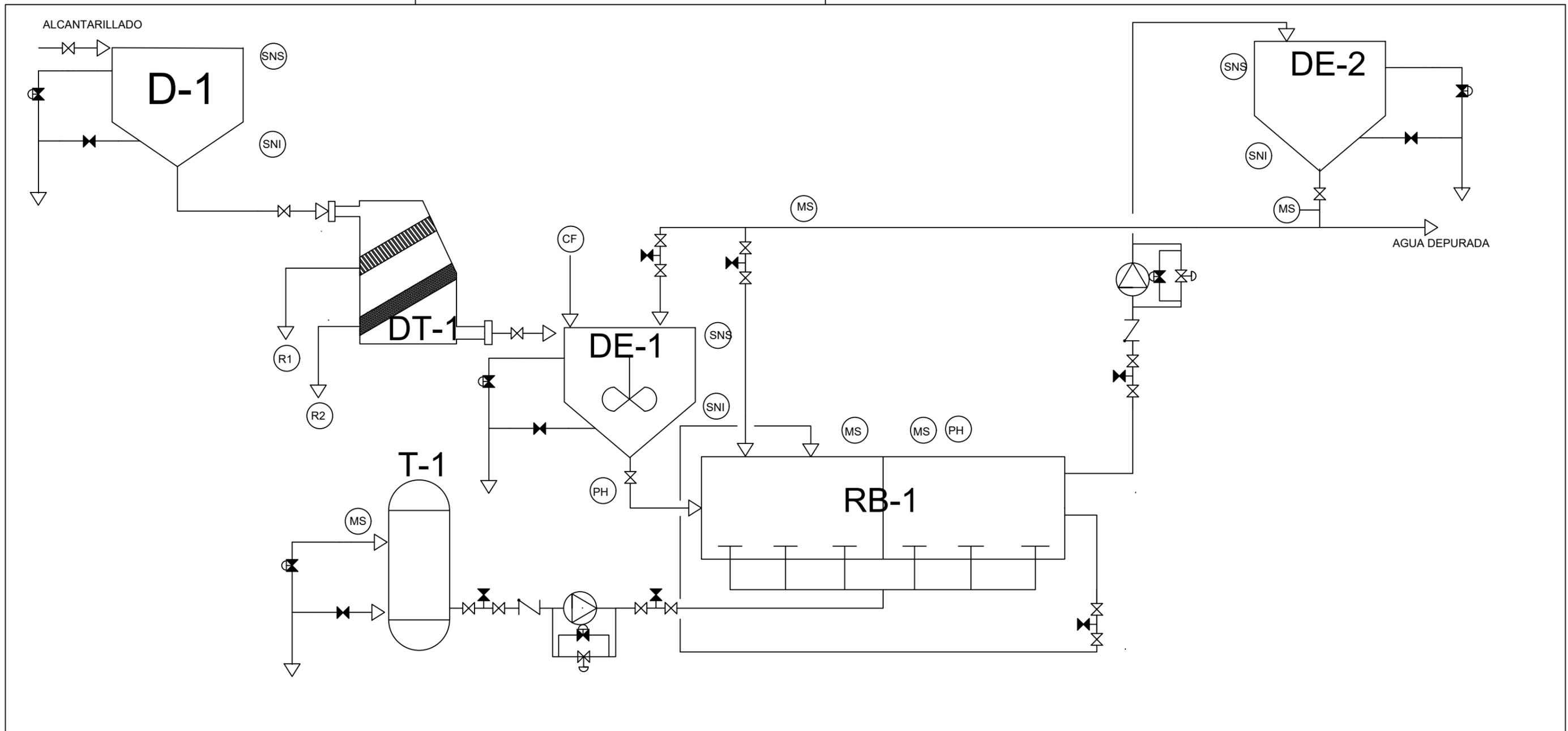
<https://toroequipment.com/wp-content/uploads/2021/06/Tamices-Rotativos-Toro-Equipment-ES.pdf>

Valverde, D., Castellanos, García, F., Martínez, I., & Pellicer, F. (2018). Análisis

económico-financiero de la regeneración y reutilización de las aguas residuales de Los Llanos de Aridane en la Isla de La Palma (Canarias-España). *RUMBO* 20.30.

<http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2018/CT%202018/22224157.pdf>

Yapıcıoğlu, P. S. (2018). Environmental impact assessment for a meat processing industry in Turkey: Wastewater treatment plant. *Water Practice and Technology*, 13(3), 692-704. <https://doi.org/10.2166/wpt.2018.051>



D-1	DEPÓSITO	SNS	SENSOR NIVEL SUPERIOR		Válvula de paso
DT-1	TAMIZADO Y DESBASTE	SNI	SENSOR NIVEL INFERIOR		Válvula de seguridad
DE-1	DECANTADOR PRIMARIO	CF	COAGULANTES FLOCULANTES		Válvula de retención
T-1	TANQUE DE O <sub>2</sub>	R	RESIDUOS SÓLIDOS		Bomba
RB-1	REACTOR BIOLÓGICO	PH	PEACHÍMETRO		Válvula de regulación
DE-2	DECANTADOR SECUNDARIO	MS	MULTISENSOR		

# ANEXO I

**GUÍA DE ORIGEN Y SANIDAD PECUARIA NÚMERO:**

**CON DESTINO A:**

EXPLOTACIÓN  CONCENTRACIÓN DE ANIMALES  MATADERO  CEBADERO

<b>1 DATOS DEL/DE LA INTERESADO/A, DE LA EXPLOTACIÓN Y DE LA AD SG</b>		
PRIMER APELLIDO / RAZÓN SOCIAL		SEGUNDO APELLIDO
DNI / NIF		NOMBRE
DOMICILIO		
MUNICIPIO		PROVINCIA
PROPIETARIO/REPRESENTANTE	MUNICIPIO	PROVINCIA
Nº DE REGISTRO DE LA EXPLOTACIÓN	AGRUPACIÓN DE DEFENSA SANITARIA	

<b>2 IDENTIFICACIÓN DE LOS ANIMALES</b>									
2.1. IDENTIFICACIÓN COLECTIVA									
Nº Animales	Especie	Nº Anim. otra especie	Especie	Raza	Aptitud	Categoría	Edad	Peso Aprox.	Ident. Colectiva
2.2. IDENTIFICACIÓN INDIVIDUAL (N.º DE CROTAL) (Según anexo adjunto)									

<b>3 DECLARACIÓN, LUGAR, FECHA Y FIRMA</b>	
<b>DECLARO</b>	que los animales que alberga <input type="checkbox"/> la explotación <input type="checkbox"/> o recinto de la concentración ganadera del Municipio: _____ Provincia: _____
	- no presentan, al menos en las últimas 48 horas, signo aparente de enfermedad. - no han sido objeto de un tratamiento ilegal ni se les ha administrado sustancias o productos no autorizados. - en el caso de administración de productos o sustancias autorizados, se ha respetado el plazo de espera prescrito para dichos productos o sustancias antes de su envío a sacrificio.
<b>Y SOLICITO</b>	que sea expedida la Guía de Origen y Sanidad que ampare el traslado de los animales que se relacionan, desde su origen al Municipio: _____ Provincia: _____
	Consignado a D/D.ª _____ Explotación o Matadero (1): _____
	En _____ a _____ de _____ de _____
	EL/LA INTERESADO/A
	Fdo.:

<b>4 AUTORIZACIÓN, FECHA DE EXPEDICIÓN Y NOTIFICACIÓN DE LA GUÍA DE ORIGEN Y SANIDAD</b>	
D/D.ª _____	Veterinario/a de la Inspección Comarcal
Sita en _____	
Municipio: _____	Provincia: _____ Tlfno./Fax: _____ /
<b>DECLARO</b> que:	
Los animales antes citados pueden ser trasladados al destino que se solicita por cumplir la normativa vigente en materia de sanidad animal. En consecuencia, y a la vista de la declaración efectuada por el/la interesado/a, <b>EXPIDO</b> la Guía de Origen y Sanidad que ampara el traslado de los animales, cuya identificación se recoge en el presente documento, al destino solicitado.	
<b>OBSERVACIONES:</b>	
En _____ a _____ de _____ de _____	
EL/LA VETERINARIO/A OFICIAL	
Fdo.:	

<b>5 IDENTIFICACIÓN DEL TRANSPORTISTA (2)</b>	
D/D.ª _____	, como titular/representante (1) de la explotación citada,
declaro que los animales reseñados han sido cargados a las _____ horas del día	
en el vehículo autorizado _____ conducido por D/D.ª _____	
EL/LA TITULAR/REPRESENTANTE DE LA EXPLOTACION	EL/LA TRANSPORTIST
Fdo.:	Fdo.:

**Ejemplar que acompaña a la expedición y se entregará en el destino**

**VIGENCIA 5 DÍAS**

(1) Táchese lo que no proceda.

(2) A rellenar por el titular/representante de la explotación en el momento de la carga.

000214/2



## Anexo a la guía nº.:

Origen:	Municipio:	Provincia:	
Destino:	Municipio:	Provincia:	
	Ovino	Caprino	Total
Identificados Individualmente	0	0	0
No Identificados Individualmente			

Página 2 de 6

Especie	Codigo Identificación	Raza	Sexo	F. Nacimiento
En	a	de	de	de
(Conforme el solicitante)				
Fdo.:				



## ANEXO II

## PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

QUÉ		CÓMO			CUÁNDO		QUIÉN	
Elemento	Ubicación	Producto	Dosis	T °C / Tiempos	Método / utensilios	Frecuencia	Momento	Responsable

Se recomienda que el personal de limpieza disponga de instrucciones detalladas para realizar las operaciones de limpieza y desinfección. De esta manera se garantiza que, sea quien sea la persona encargada de realizar la higienización de las instalaciones, se siga el mismo método y protocolo.

A continuación se muestra un ejemplo de protocolo específico de limpieza:

### EJEMPLO 10: PROTOCOLO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

## PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

<b>QUÉ</b>	<i>Elemento o grupo de elementos:</i>	Tanque de escaldado
	<i>Ubicación:</i>	Sala 3
<b>CÓMO</b>	<i>Producto:</i>	HIGIÈNIC-SAC
	<i>Dosis:</i>	20 ml x l de agua
	<i>Tiempo de contacto:</i>	2 minutos
	<i>Utensilios:</i>	Equipo difusor de espuma
	<i>Método:</i>	----
	<i>Procedimiento:</i>	Vaciar el tanque Cubrir de espuma con el equipo Dejar actuar un par de minutos Aclarar el tanque Volver a llenar el tanque
<b>CUÁNDO</b>	<i>Frecuencia:</i>	Cambiar por partidas de animales
	<i>Momento:</i>	Cuando corresponda
<b>QUIÉN</b>	<i>Responsable:</i>	Manel Cladellas