



DIC 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“INFLUENCIA DEL pH EN LA COAGULACION
- SEDIMENTACION PRIMARIA DE AGUAS
RESIDUALES DE UN CAMAL”

AUTORA: CARMEN MABEL LUNA CHAVEZ

(Período de ejecución: Del 1 de diciembre 2015 al 30 de noviembre 2017

Resolución N° 897-2015-R. Resolución N° 417-2015 - CFIQ)

Callao, 2017

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	24
Tabla 4.2 Valores máximos admisibles para descargas de aguas residuales al alcantarillado.....	25
Tabla 4.3 Parámetros fisicoquímicos para aguas de riego de vegetales	27
Tabla 4.4 Coagulantes más utilizados en el medio.....	35
Tabla 5.1 Formato para registro de datos para selección de coagulante.....	43
Tabla 5.2 Formato para registro de datos a diferentes concentraciones y pH	43
Tabla 6.1 Número promedio de animales faenados según día de beneficio.....	45
Tabla 6.2 Características del agua residual según horario de faenamiento	45
Tabla 6.3 Características del agua residual al ingreso al tanque de recepción	46
Tabla 6.4 Características del agua residual en el tanque de Homogenizado	47
Tabla 6.5 Turbidez (NTU) a pH=7 con tres diferentes coagulantes.....	50
Tabla 6.6 Turbidez (NTU) con Sulfato de aluminio en segunda corrida.....	51
Tabla 6.7 Turbidez (NTU) con Sulfato de aluminio en tercera corrida.....	52
Tabla 6.8 Consolidado de resultados de Turbidez (NTU) obtenidos en las repeticiones	52
Tabla 6.9 Análisis de Varianza Unifactorial para determinar la diferencia entre los diferentes coagulantes.....	55
Tabla 6.10 Intervalos de confianza para los efectos de los diferentes coagulantes	56
Tabla 6.11 Análisis de varianza para un modelo bifactorial.....	56
Tabla 6.12 Consolidado de resultados de Turbidez (NTU) obtenidos en las repeticiones	58
Tabla 9.1 Formato para registro de datos para selección de coagulante.....	69
Tabla 9.2 Formato para registro de datos a diferentes concentraciones y pH	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Diagrama de operaciones en camales.....	19
Figura 4.2 Muestra de agua residual de camal de bovinos	20
Figura 4.3 Clasificación de las impurezas en las aguas residuales.....	21
Figura 4.4 Doble capa eléctrica en partículas coloidales.....	31
Figura 4.5 Esquema del Proceso de coagulación.....	32
Figura 4.6 Esquema del proceso de coagulación-sedimentación.....	33
Figura 4.7 Desestabilización de un coloide por un coagulante.....	35
Figura 4.8 Atrapamiento de los coloides por adición de coagulantes.....	35
Figura 5.1 Canal de desbaste	37
Figura 5.2 Trampa de grasas.....	37
Figura 5.3 Tanque homogenizador	38
Figura 5.4 Retención de sólidos en el equipo de desbaste.....	42
Figura 5.5 Trampa de grasas en funcionamiento.....	42
Figura 6.1 Muestras de agua residual a la salida del proceso de faenamiento.....	47
Figura 6.2 Equipo de pretratamiento instalado para la corrida experimental.....	47
Figura 6.3 Equipo de pretratamiento en pleno funcionamiento.....	48
Figura 6.4: Resultados de prueba de jarras utilizando $(Al)_2(SO_4)_3$ a diferentes concentraciones y pH=8.....	48
Figura 6.5 Resultados de prueba de jarras utilizando $FeSO_4$ a diferentes concentraciones, pH =8.....	49
Figura 6.6 Resultados de prueba de jarras utilizando $FeCl_3$ a diferentes concentraciones y pH=8.....	49

Figura 6.7 Resultados de prueba de jarras utilizando diferentes coagulantes a pH=7.	50
Figura 6.8 Resultados de prueba de jarras utilizando diferentes coagulantes a pH=7.	50
Figura 6.9 Resultado de coagulación – sedimentación en pruebas en el camal ..	51
Figura 6.10 Resultados prueba de jarra a pH=7 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación	53
Figura 6.11 Resultados prueba de jarra a pH=6 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación	53
Figura 6.12 Resultados prueba de jarra a pH=5 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación	53
Figura 6.13 Resultados prueba de jarra a pH=4 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación	54
Figura 6.14 Resultados prueba de jarra a pH=4 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 30 minutos de sedimentación	54
Figura 6.15 Canaletas de salida de agua residuales en el camal	54
Figura 6.16 Comparación del agua residual a la entrada y salida del pretratamiento y floculación-coagulación.....	55
Figura 6.17. Efectos principales para resultados	55
Figura 6.18 Intervalos de Resultados Vs. tratamientos.....	56
Figura 6.19 Interacción de Concentración del coagulante y pH.....	57
Figura 6.20 Resultados por factores separados.....	57
Figura 6.21 Interacción del pH en los resultados.....	58

II. RESUMEN Y ABSTRACT

2.1 RESUMEN

Los camales generan grandes volúmenes de residuos líquidos y son muy pocos los que realizan tratamiento de sus aguas residuales; pero la normatividad conjunta de Ministerios, municipios locales, SENASA y SEDAPAL, los está obligando a realizarlo. Quizá la principal razón por la que no lo hacen, sean los costos adicionales que muchas veces no pueden ser asumidos por camales que faenan pequeñas o mediana población de ganado.

Por ello se propone un tratamiento un tratamiento primario que no puede prescindir de un proceso de coagulación-sedimentación por la alta carga orgánica que posee, el mismo que se dificulta por el contenido de sangre presente de difícil remoción utilizando parámetros convencionales del sistema coagulante-pH.

Por esa razón se tiene como objetivos de la investigación: Evaluar la influencia del pH en el proceso de coagulación-sedimentación primaria, evaluar los coagulantes adecuados para el proceso y determinar el valor de pH que maximiza la coagulación-sedimentación primaria; para los coagulantes seleccionados.

Se ha realizado el seguimiento al proceso de faenamiento de un camal para caracterizar su proceso y sus aguas residuales. Con esta información se construyó a pequeña escala un sistema de tratamiento previo del agua residual y el efluente homogenizado se sometió a la prueba de jarras con diferentes coagulantes, valores de pH y diferentes concentraciones del coagulante seleccionado. Comprobando que a pH=4 utilizando como coagulante el sulfato de aluminio, es posible remover hasta el 93% de la turbidez, eliminando la coloración rojiza en un proceso de coagulación-sedimentación primaria.

Palabras claves: mataderos, turbidez, tratamiento primario, agua residual, coagulación – sedimentación.

2.2 ABSTRACT

Cattle slaughterhouses generate large volumes of liquid waste and there are very few who treat their wastewater; but the joint regulations of Ministries, local municipalities, SENASA and SEDAPAL, are forcing them to do it. Perhaps the main reason why they do not treat their effluents are the additional costs that often can not be assumed by slaughterhouses that work small or medium-sized livestock.

Therefore, a consistent treatment of a primary treatment is proposed, which can not do without a coagulation-sedimentation process due to its high organic load, which is complicated by the present blood content of difficult removal using conventional parameters of the coagulant system. -pH.

For this reason, the research objectives are: Evaluate the influence of pH on the primary coagulation-sedimentation process, evaluate the appropriate coagulants for the process and determine the pH value that maximizes the primary coagulation-sedimentation; for the selected coagulants.

The slaughter process of a slaughterhouse has been monitored to characterize its process and its wastewater. With this information, a system of pre-treatment of the residual water was built on a small scale and the homogenized effluent was subjected to the test of jars with different coagulants, pH values and different concentrations of the selected coagulant. Checking that at pH = 4 using aluminum sulphate as a coagulant, it is possible to remove up to 93% of the turbidity, eliminating reddish coloration in a primary coagulation-sedimentation process.

Keywords: slaughterhouses, turbidity, primary treatment, wastewater, coagulation - sedimentation.



III. INTRODUCCION

3.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Un camal es un establecimiento autorizado para realizar procesos de faenamiento de diversos animales e industrialización de los productos del faenado. El proceso comprende desde la matanza de los animales hasta su ingreso a las cámaras frigoríficas o su expendio con destino al consumo o industrialización.

Mafla (2008) señala que un matadero o camal se ocupa de la transformación, de una o varias clases de ganado en pie, en carne para el consumo humano. Las operaciones posteriores al sacrificio del ganado consisten en dividir los cortes primarios de la carne en pedazos más pequeños y en la separación y el tratamiento de diversos subproductos, con la consecuente generación de residuos sólidos y líquidos en cada operación.

Siendo que en estos establecimientos se utiliza una gran cantidad de agua para efectos de la limpieza del ganado y de las operaciones de su faenamiento, es de esperar que se produzcan grandes volúmenes de agua residual.

Al agua utilizada en el proceso, se le suman la sangre proveniente de las etapas del izado, lavado de la carne y lavado de vísceras rojas; además de los residuos que se generan en el área de vísceras blancas donde se realiza la eliminación de contenido ruminal y lavado. Por lo que las aguas residuales de un camal presentan altos caudales y concentraciones de materia orgánica compuesta principalmente por grasa, proteína y celulosa, expresadas en DQO y DBO, las cuales varían



dependiendo del número de animales sacrificados diariamente, la dieta del animal faenado, la recolección de productos y subproductos.

La actual normatividad del Estado peruano exige a las empresas el tratamiento de sus efluentes, entre ellos del agua residual de sus procesos antes de su vertimiento en el alcantarillado a riesgo de estar expuesto a multas o de su permanencia en el mercado. Esto ha motivado entre las empresas de los diferentes sectores de la producción a tratar sus residuos, entre ellos los efluentes líquidos que en el caso de los camales se caracteriza por presentar, además de la alta carga orgánica la presencia de material sanguinolento difícil de eliminar por tratamiento primario.

Con la finalidad de que el tratamiento de aguas residuales sea atractivo y viable para estos camales; éste deber ser de preferencia un tratamiento primario que no puede prescindir de un proceso de coagulación-sedimentación debido a la alta carga orgánica que posee, el mismo que se dificulta por el contenido de sangre que dificulta la remoción de dicha carga utilizando los parámetros convencionales del sistema coagulante-pH.

Por ello el objetivo general de esta investigación es **evaluar la influencia del pH en el proceso de coagulación-sedimentación primaria de aguas residuales de un camal**; y los objetivos específicos: Evaluar los coagulantes adecuados para el proceso de coagulación-sedimentación primaria de aguas residuales de un camal y Determinar el valor de pH que maximiza el proceso de coagulación-sedimentación primaria de aguas residuales de un camal; para los coagulantes seleccionados.

Teniendo como problema general planteado:

De acuerdo al proceso a realizar dentro de los camales, estos deben disponer de las siguientes áreas:

En la zona de abastecimiento:

- Corrales de recepción, descanso, de aislamiento y encierro.
- Ducha de animales: donde se eliminan tierra, estiércol o cualquier otro contaminante de la piel de los animales por un baño generalmente por un sistema de aspersión.

En la zona de faenado:

- Sección de aturdimiento: para insensibilizar al animal por medio de golpe o choque eléctrico.
- Sección de sangrado o izado: donde se realiza el sangrado del animal inmediatamente después de su aturdimiento y se procede al izado para que fluya la sangre.
- Escaldado y pelado (en caso de porcinos) para retirar la mayor parte de cerdas.
- Sección de degüello: para seccionar los grandes vasos sanguíneos para facilitar la sangría y se secciona la cabeza.
- Sección de desuello: Separación de la piel, patas y cola
- Sección de eviscerado: Extracción de los órganos
- Sección de división de carcasas: separación en dos partes del cuerpo del animal para facilitar la evaluación post mortem y su manipulación



- Sección de evaluación post mortem: para el examen médico
- Sección de limpieza de carcasa: Se aplica chorros de agua a presión para lavar las carcasas, generalmente se elimina sangre residual.
- Sección de limpieza de menudencias: Se utiliza agua caliente y vapor para limpieza de menudencias, generalmente para retirar grasas, sangre residual y contenido ruminal.
- Sección de pesado y numeración

Zona de oreo: Para el enfriamiento de las carcasas.

Zona de conservación en frío: Cámaras frigoríficas.

Zona de embarque: Para retirar las carcasa o productos del faenado

Zona de pieles: donde se realiza la recepción, limpieza y pesado de pieles.

Zona de necropsia: para sacrificar a los animales con sospecha de contaminación.

Zona de incinerador y digestor: Para destruir y eliminar los residuos y condenas de animales contaminados.

Zona de residuos sólidos: depósito de estiércol y basura.

Además de otras zonas como la de tratamiento de aguas, caldero, mantenimiento y administración. En todas estas zonas y secciones se generan residuos que van aportando contaminante al agua residual.

El camal del que se tomaran las muestras se dedica al faenamiento de ganado vacuno, aproximadamente en número de 250 cabezas semanales por lo que puede considerarse de mediana población. Realiza beneficios los días martes,



jueves y domingos durante todos los meses del año de manera rutinaria. Está ubicado en el distrito de Chorrillos, Lima y en una zona aledaña a los pantanos de Villa que es un área natural protegida.

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE CAMAL

Las aguas residuales en un camal se caracterizan por la presencia de residuos de sangre, grasas, pezuñas, cornamentas, trozos de hueso, rumen, estiércol, residuos que se van adicionando durante el proceso de faenamiento.

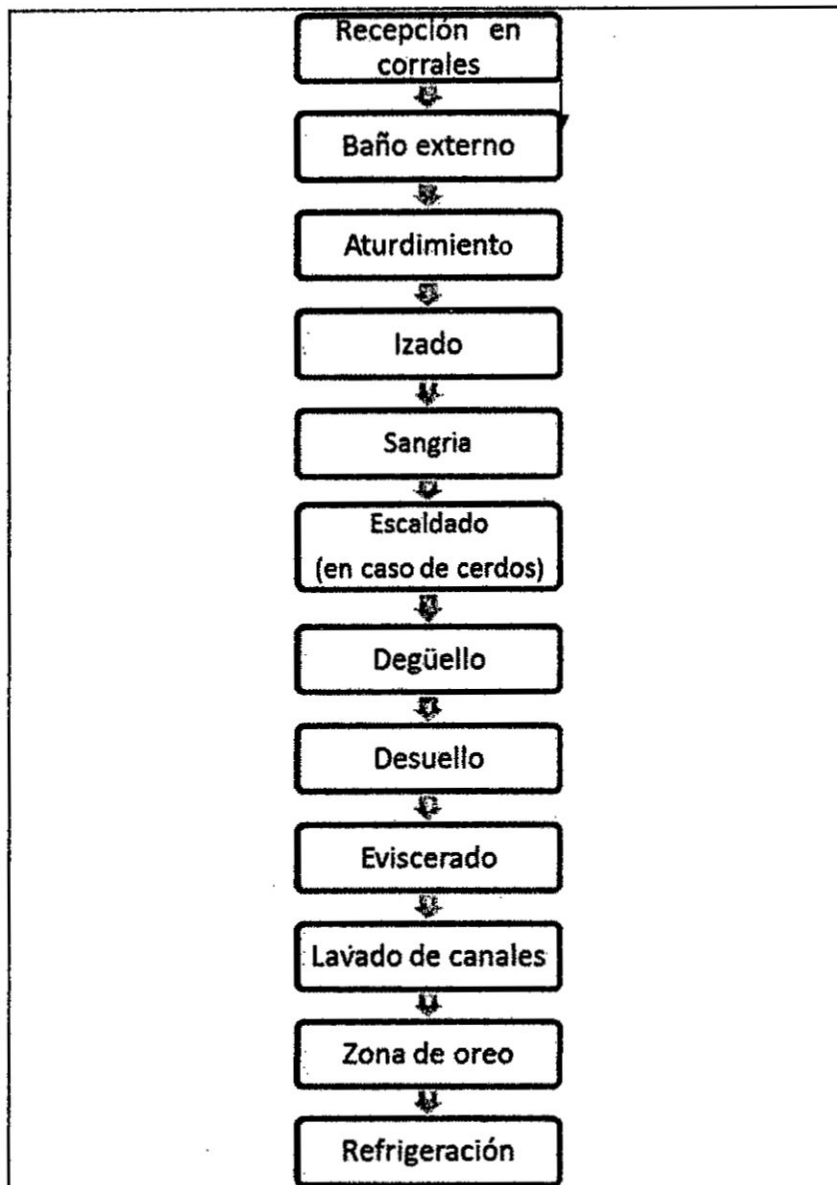
De acuerdo a los requerimientos del SENASA (Servicio nacional de sanidad agraria. Ministerio de Agricultura del Perú) en el Reglamento tecnológico como las normas de beneficio, las operaciones que se realizan en un camal son las que se indican en la Fig. 4.1.

De la figura se puede deducir que los residuos líquidos se producen durante casi todo el proceso del faenamiento, por lo que resultan ser los de mayor volúmen.

En el encierro, los efluentes líquidos son una mezcla de orines, estiércol y agua del baño del ganado vacuno antes de su beneficio. En el desangrado, la fuente contaminante es la sangre o los residuos de ella en caso la sangre tenga una disposición final diferente. En las siguientes etapas las fuentes son los restos de piel, grasas desprendidas, rúmen, vísceras, trozos de carne y osamenta combinado con abundante agua de lavado.



Figura 4.1 Diagrama de operaciones en canales



Fuente: Elaboración propia en base al D.S N° 015-2012-AG.Perú

Segun Salas G. y Condorhuaman G.,(2008), la generación de vertidos de aguas residuales tiene una carga orgánica y de nutrientes media-alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión (rumen), grasas y aceites así como vertidos líquidos del lavado de canales, limpieza de equipos e instalaciones.



Pabon S y Suárez J (2005) afirman que los efluentes son el producto de las diferentes etapas del proceso de faenado, del cual se generan dos corrientes: la primera, llamada agua/sangre por su alto contenido de este último componente y la segunda corresponde a las que se generan en el área de vísceras blancas donde se realiza la eliminación de contenido ruminal, lavado y cocción.

Figura 4.2 Muestra de agua residual de camal de bovinos



Fuente: Fotografías tomadas durante el proceso de faenado.

4.3.1. Partículas sólidas

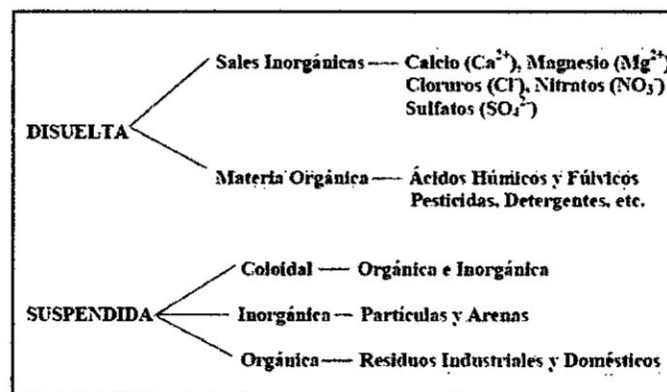
En las aguas residuales de los camales, dada la incorporación de grasas, proteínas y otros residuos (Salas G. y Condorhuaman G., 2008) es inevitable la presencia de partículas sólidas de gran tamaño y pequeño tamaño en forma de suspensión y/o coloides. Siendo los de difícil eliminación los de tamaño pequeño los que a su vez son responsables del mal aspecto del líquido residual.

En el diseño y manejo de plantas de tratamiento de aguas residuales uno de los principales parámetros a ser evaluados son los Sólidos Suspendedos Totales

(SST), que refieren a partículas orgánicas o inorgánicas fácilmente separables del líquido por sedimentación, filtración o centrifugación. (Rojas, 2002)

Los sólidos totales están compuestos por materias flotantes, materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución. También se pueden clasificar en sólidos suspendidos y filtrables (los sólidos suspendidos de tamaño apreciable se pueden separar por filtración) (Jimenez, 2001). La fracción filtrable se compone de sólidos coloidales y disueltos (La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro que oscila de 10^{-3} a $1 \mu\text{m}$; mientras que los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua).

Figura 4.0.3 Clasificación de las impurezas en las aguas residuales



Fuente: Gómez (2005)

La fracción coloidal no puede eliminarse sólo por sedimentación porque sus partículas presentan cargas superficiales electrostáticas que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para formar flóculos y

facilitar su sedimentación. Estas cargas son, en general, negativas. Un coloide puede estar en suspensión casi un tiempo infinito. La turbidez y el color suelen estar asociados a partículas coloidales (Rojas, 2002)

4.4 NORMATIVIDAD AMBIENTAL

De acuerdo a la Ley General del Ambiente- Perú (Ley N° 28611), “ La gestión ambiental es un proceso permanente y continuo, constituido por el conjunto estructurado de principios, normas técnicas, procesos y actividades, orientado a administrar los intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental y alcanzar así, una mejor calidad de vida y el desarrollo integral de la población, el desarrollo de las actividades económicas y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país”.

La misma ley responsabiliza a los titulares de operaciones por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Por lo que debe “adoptar prioritariamente medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos, así como las demás medidas de conservación y protección ambiental que corresponda en cada una de las etapas de sus operaciones, bajo el concepto de ciclo de vida de los bienes que produzca o los servicios que provea”

Con respecto a los ecosistemas, de interés para este estudio **por la ubicación del camal, se debe entender que su conservación se orienta a conservar los ciclos y procesos ecológicos**, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas, **sobre todo si estos son frágiles como el caso de los humedales**, cuya

importancia es reconocida por el estado Peruano como hábitat de especies de flora y fauna, en particular de aves migratorias, priorizando su conservación en relación con otros usos (Compendio de la Legislación Ambiental Peruana, volumen IX. Diversidad Biológica y Áreas Naturales Protegidas. Primera edición, enero 2011).✱

4.4.1 Descargas de aguas residuales no domésticas al alcantarillado

El D.S. N° 021-2009-VIVIENDA es la norma que regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, y otros y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Los VMA, son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en el alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento (SEDAPAL).

Con respecto a los residuos líquidos que se generan en un camal se pueden considerar directamente como aguas residuales y su tratamiento es de responsabilidad del generador a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental.

Mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM el Ministerio del Ambiente aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de



Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda (Art. N° 3), de acuerdo a la tabla 4.1.

Tabla 4. 1. Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10,000
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de oxígeno	mg/l	200
pH	unidad	6.5 -8.5
Sólidos totales en suspensión	ml/l	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: Anexo 1 Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

En el mismo Decreto, el artículo 2°, define como Límite Máximo Permissible a“la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente...” ; y como Planta de Tratamiento de Aguas residuales Domésticas o Municipales (PTAR) a la “infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales”.

Mediante Decreto N° 021-2009, el Ministerio de Vivienda aprueba los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. En el mismo documento se hace referencia que los VMA son los valores de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos que caracterizan al efluente no domestico que va a ser descargado a la red.



Tabla 4.2 Valores máximos admisibles para descargas de aguas residuales al alcantarillado

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA para descargas al alcantarillado
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T	500
Aceites y grasas	mg/l	A y G	100
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0,5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN ⁺	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Niquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	500
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NH ⁺⁴	80
pH	unidad	pH	6-9
Sólidos sedimentables	ml/l/h	S.S	8.5
Temperatura	°C	T	< 35

Fuente: Adaptado de los anexos del D.S N° 021-2009. Vivienda.

En concordancia con el D.S. N° 001-2010-AG, artículo 131° las aguas residuales y vertimientos deben entenderse como:

- a. **Aguas residuales:** aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo.
- b. **Vertimiento de aguas residuales:** es la descarga de aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua continental o marítima.

Mediante Resolución Ministerial N° 116-2012-VIVIENDA, se aprueban los parámetros que según la clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU) serán de cumplimiento obligatorio por parte de los Usuarios No Domésticos, en aplicación del Decreto Supremo N° 021- 2009-VIVIENDA y su Reglamento, aprobado con Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA, y que para el caso de las aguas residuales provenientes de un camal, según anexo que forma parte integrante de la Resolución mencionada corresponde:

Código CIU: 1010

Descripción: Elaboración y conservación de carne

Parámetros de cumplimiento obligatorio: DBO₅, DQO, SS, A y G, pH, T, SD y NH₄.

4.4.2. Parámetros de Turbiedad

Mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Dirección General de Salud Ambiental) se aprueba el reglamento de la calidad del agua para el consumo humano, señalando que la turbiedad deberá ser menor de 5 Unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

Mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, se aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, señalando 150 ml/l como valor para los sólidos torales en suspensión.

A nivel nacional, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, se modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para su aplicación dados en el 2008, de acuerdo a la tabla 4.3, indica como valor de turbiedad para aguas



superficiales destinadas a la producción de agua potable, que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y para aguas destinadas a recreación: 100 NTU. No señala este parámetro para riego de vegetales.

Tabla 4.3 Parámetros fisicoquímicos para agua de riego de vegetales

CATEGORÍA 3			
CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAR)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitros (NO ₂ -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3

Fuente: adaptada de Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM

La investigación persigue, a través de un tratamiento físico-químico (tratamiento primario), como la coagulación -sedimentación, reducir los SST hasta el límite máximo permisible; siendo el problema la persistencia del

color de la sangre, aun cuando el color y la turbidez estén considerados como parámetros en el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

4.5 COAGULACIÓN-SEDIMENTACIÓN

Pérez (2005) define como "sedimentación" al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. Para el mismo, las impurezas naturales pueden encontrarse en las aguas según tres estados de suspensión en función del diámetro:

- a) Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm.
- b) Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.
- c) Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm.

Considerando tres procesos para su separación: la "sedimentación simple" para eliminar las de diámetros mayores de 10^{-4} cm. La aglutinación de los coloides para su remoción a fin de formar un "floc" que pueda sedimentar y como tercer proceso, transformar en insolubles los compuestos solubles, aglutinarlos para formar el "floc" y permitir así la sedimentación.

Si la sedimentación consiste en la separación de los sólidos por gravedad, fundamentada en la diferencia de pesos específicos entre la fase continua y el de las partículas, en muchos casos, las impurezas pueden ser, al menos en teoría removidas mediante el proceso de sedimentación.

Para Singley (1986) la sedimentación se hacía antes de cada tratamiento para remover partículas grandes; siendo el principal problema las partículas de tamaño



coloidal ya que requieren de un tiempo grande para sedimentarse por gravedad. Señala también que la impureza que se remueve por coagulación es la turbiedad que puede ser resultado de la erosión del suelo y en segundo lugar el color que se deriva de la descomposición de las sustancias orgánicas.

Para Gómez (2013) la sedimentación es un fenómeno netamente físico, ya que está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce la suspensión de partículas el resultado será siempre un fluido más clarificado y una suspensión más concentrada.

4.5.1. Sedimentación de partículas discretas

Vega y Villacreses (2006) llaman partículas discretas a aquellas que no cambian de características (forma, tamaño, densidad) durante su caída, denominando al depósito de estas partículas discretas como sedimentación simple, la que se realiza en desarenadores y sedimentadores.

Para Gómez (2013) cuando las impurezas son separadas del agua por la acción de la gravedad y sin la ayuda de agentes químicos, la operación se denomina sedimentación simple.

4.5.2. Sedimentación de partículas floculentas

Para Vega y Villacreses (2006) partículas floculentas son aquellas producidas por la aglomeración de partículas coloides desestabilizadas a consecuencia de la aplicación de agentes químicos y que a diferencia de las partículas discretas su forma, tamaño y densidad si cambian durante la caída.



Para Gómez (2013) cuando se utilizan agentes químicos para eliminar impurezas en solución, la operación se denomina sedimentación química asistida.

Queda claro entonces que si el problema principal en el agua residual de un canal son las partículas de tamaño coloidal, se hará necesario utilizar agentes químicos (coagulantes) para asistir la sedimentación en una etapa previa a ella con la finalidad de formar los flóculos.

4.5.3. Coloides

Las partículas en las soluciones coloidales son bastante estables debido a un fenómeno físico-químico de cargas eléctricas entre las partículas dispersas y se explica de acuerdo a la teoría de doble capa conocida como Teoría DLVO (Derjaguin, Landau Verwey y Oberbeek).

Desestabilización.

El fenómeno mediante el cual se logra desestabilizar el coloide y posteriormente aglomerarlo, es lo que se conoce como **coagulación y floculación**, que en realidad es un proceso en dos etapas.

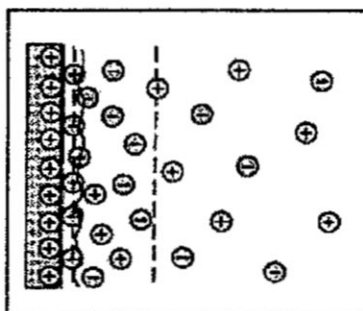
La coagulación es el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. El producto utilizado para esta neutralización es denominado coagulante. La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento del agua. Algunos productos pueden favorecer la formación del flóculo; a éstos se les llama



floculantes. La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento del agua. (Gómez, 2005)

Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto muy grande entre la fase sólida y líquida. Generalmente poseen carga eléctrica negativa sobre su superficie. Estas cargas, llamadas primarias, atraen los iones positivos del agua que se adhieren fuertemente a la superficie y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una pequeña cantidad de iones positivos (Gómez, 2005).

Figura 4.4 Doble capa eléctrica en partículas coloidales



Fuente: Rodríguez, 2006

4.5.4 Coagulación – Floculación

La coagulación-floculación de los coloides se puede lograr mediante uno o varios de los siguientes mecanismos:

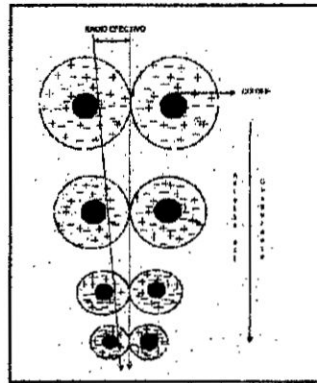
- Compresión de la doble capa
- Neutralización de la carga
- Aglutinamiento



- Entrampamiento.

La neutralización de la carga se logra mediante la adición de una sustancia denominada coagulante y que puede ser algún polímero inorgánico u orgánico de naturaleza catiónica. Las cantidades que normalmente se requieren son bajas y un exceso de coagulante favorece para que la solución coloidal se haga más estable. (Cabrera y otros, 2009).

Figura 4.5 Esquema del Proceso de coagulación

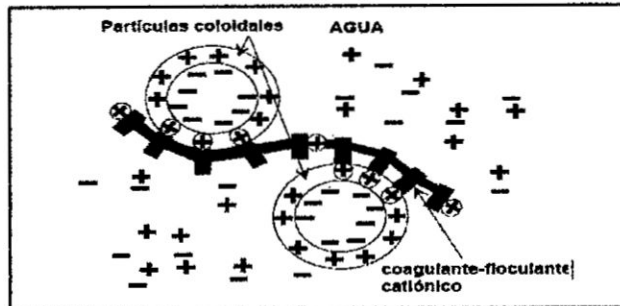


Fuente: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27574>

Con la **floculación** se consigue agregar las partículas coloidales desestabilizadas. La agregación se ve facilitada si las partículas se ponen en contacto y si hay algo que cree enlaces entre ellas y mantenga ese contacto. Lo primero se consigue mediante la mezcla y lo segundo mediante la adición de floculantes. El proceso de formación de enlaces y agregados es lento, se llegan a adoptar tiempos que van desde 10 a 30 minutos. Hay que mezclar bien el floculante con el agua, si se mezcla con demasiada energía se pueden romper los flóculos ya formados; por lo que el proceso de mezcla y floculación debe ser lento.

[Firma manuscrita]

Figura 4.6 Esquema del proceso de coagulación-sedimentación



Fuente: INDITEX, 2015

Cada una de estas operaciones tiene sus variables de diseño u operación definidas y para lograr un buen resultado, es necesario que las variables estén dentro de los límites que establece el proceso.

4.5.5 Principales variables de la coagulación-floculación

Durante la coagulación las variables que intervienen son:

- **Aceite y/o grasas presentes**

No son convenientes porque durante la agitación el aceite normalmente tiende a emulsificarse, siendo el propósito del tratamiento romper la emulsión.

Esta es una razón más pretratar el agua residual mediante una trampa de grasas.

- **pH**

Cuando se utilizan sales de aluminio y/o hierro, para precipitar los hidróxidos correspondientes, siguiendo el mecanismo de atrapamiento, las condiciones bajo las cuales se logran formar los hidróxidos más estables en solución es a valores de pH alrededor de 5 – 7.5 para estos compuestos.

Sin embargo, a estos valores de pH, el color de la sangre permanece.

- **Sólidos suspendidos**

Los sólidos suspendidos en la solución pueden ser en muchos casos un obstáculo para utilizar los equipos en forma eficiente (caso de bombas y mezcladores en línea); pero en algunos casos la presencia de sólidos puede ayudar a obtener una floculación más efectiva, por lo que se deberá considerar la opción de manejarlo con sólidos.

- **Alcalinidad**

La alcalinidad presente en el agua residual, es muy importante, pues como se señaló con anterioridad el pH del agua tratada es clave en el resultado final. Por lo que el pH resulta siendo una importante variable a controlar.

Para el estudio se está revisando la variable pH.

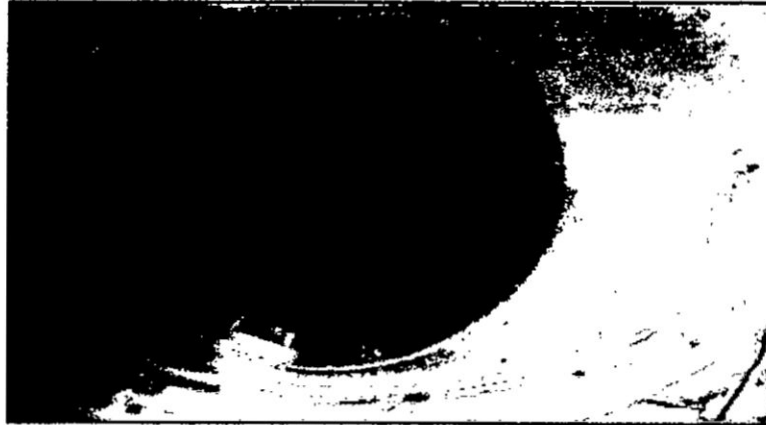
- **Coagulantes**

Los coagulantes principalmente utilizados son sales de aluminio o de hierro. En algunos casos, pueden utilizarse igualmente productos de síntesis, tales como los polielectrolitos catiónicos. (<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27574>, Gómez (2005))

En el caso de las sales metálicas, estas actúan sobre los coloides del agua por medio del catión, que neutraliza las cargas negativas antes de precipitar.

El polielectrólito catiónico lleva cargas positivas que neutralizan directamente los coloides negativos, se emplean generalmente junto con una sal metálica, en cuyo

Figura 5.3 Tanque homogenizador



Fuente: Fotografía tomada al equipo en las instalaciones del camal.

El equipo fue construido utilizando recipientes plásticos que se adaptaron a las consideraciones de diseño de Metcalf y Eddy (2003)

- Equipo Jar test. ISCO de 4 vasos.
- Bomba para inyección de aire en acuarios AP 200, 2 Watts.

5.1.2 Instrumentos

- PH metro portátil PH 107 RoHS
- Turbidímetro marca Hanna HI93703
- Balanza analítica AND Gr200. Máx 210 gr. Min 10 mg

5.1.3 Reactivos

- Cloruro de hierro. Grado comercial.
- Sulfato de hierro II. Grado comercial
- Sulfato de aluminio. grado comercial
- Acido sulfúrico (sol. 2%)



5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

5.2.1 Población

Está constituida por las aguas residuales del proceso de faenamiento de un camal dedicado al beneficio de ganado vacuno, tamaño mediano, situado en una zona colindante a un área natural protegida en Chorrillos- Lima.

Es necesario tomar en consideración que la población está considerada en función al número promedio de ganado beneficiado durante los años 2016 y 2017.

5.2.2 Muestra

Para la caracterización de las aguas residuales se tomó una muestra al azar en el canal de salida de las aguas residuales entre las 11 y 13 horas, horario en que se da simultáneamente el faenado y lavado de vísceras y por lo tanto la carga contaminante es mayor.

Para el tratamiento previo, las muestras utilizadas en la investigación fueron recogidas en 6 momentos a partir de las 10 de la mañana hasta las 14:00, los días domingos porque eran días de mayor faenamiento y de mayor carga contaminante. Se recogieron 10 litros por cada momento de recolección procediendo inmediatamente al tratamiento previo mediante el desbaste, flotación de grasas y aireación disminuyendo la concentración de sólidos, DBO y DQO como parte del tratamiento primario con 30 litros de agua residual homogenizada a la que se aplicaron los tratamientos; por cada repetición.

Sin embargo, el tamaño de las muestras a las que se aplicaron los tratamientos de dosis de coagulante y pH fueron de 0,6 litros.

5.3 TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la presente investigación se realizó una secuencia de procedimientos:

- Reconocimiento del proceso de faenamiento, número de reses faenadas, días y horario de faenamiento y caracterización preliminar de aguas residuales, para establecer momentos de toma de muestra.
- Caracterización del agua residual mediante análisis con laboratorio certificado (MINLAB).
- Diseño y construcción de un sistema de tratamiento previo del agua residual, su validación en el mismo camal y mediante pruebas de laboratorio.
- Corrida de pruebas experimentales de coagulación- sedimentación.

5.3.1. Reconocimiento del proceso de faenado en el camal

Para la caracterización del agua residual, se hizo necesario realizar seguimiento al proceso de faenado durante los días de faenamiento en la semana a lo largo de 06 meses. Una vez determinando el día que se genera el mayor volumen y carga contaminante se seleccionó para la toma de muestras. Durante el año 2016 los días de mayor beneficio fueron los días jueves, variando esto en el 2017 en que el mayor número de ganado se beneficiaba los domingos.

5.3.2. Caracterización de aguas residuales en el camal

Posteriormente se determinaron, por inspección visual, los cambios de características del agua residual según horarios para establecer momento de toma de muestra para tratamiento.



Determinado el día y el horario de mayor volumen y carga contaminante se tomó una muestra para caracterizarla a través de un laboratorio particular.

5.3.3 Equipo de tratamiento previo

Habiendo observado que las características del agua residual en el camal variaban a lo largo del proceso de faenamiento; se hizo necesario considerar un tanque homogenizador. Sin embargo siendo la característica común a lo largo del faenamiento la presencia de sólidos gruesos, paja, estiércol no hidrolizado, trozos de grasa, trozos de cuernos, rabos y pezuñas y pelos, en el agua residual, que podrían influir en el proceso de coagulación – sedimentación se consideró necesario realizar un tratamiento previo a este proceso.

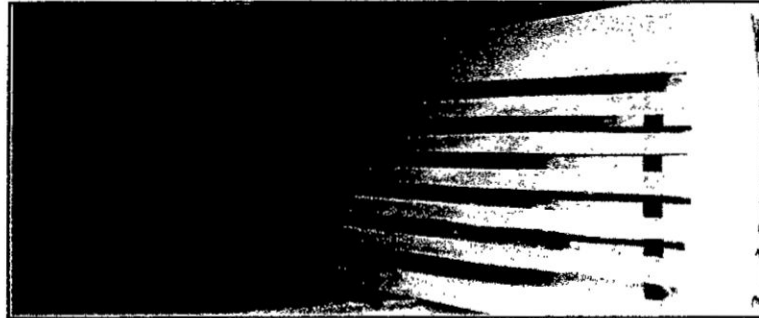
La revisión de la bibliografía orientó las operaciones a realizar como parte del tratamiento previo, iniciándose el proceso con un canal de desbaste para retirar los sólidos gruesos, seguido de una trampa de grasas con inyección de aire y finalmente recoger el agua en el tanque homogenizador.

Los equipos fueron diseñados para tratar aproximadamente 30 l. de agua residual y aplicando los criterios propuestos por Metcalf y Eddy (2003).

Una vez implementado este sistema se realizaron varias corridas para verificar que cumpla con el objetivo.



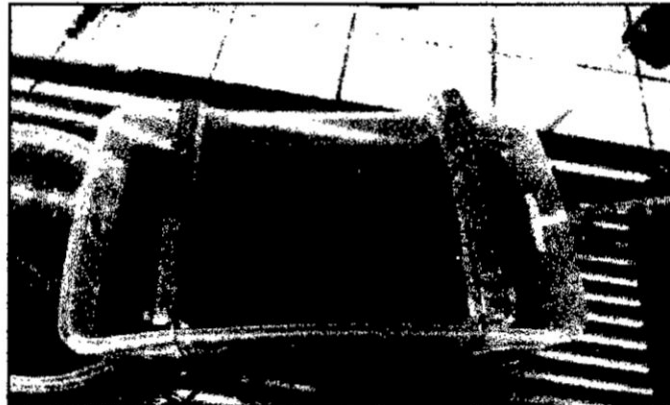
Figura 5.4 Retención de sólidos en el equipo de desbaste.



Fuente: Fotografía tomada durante el proceso.

Se puede observar que durante el desbaste con dos rejillas se retiene una gran cantidad de sólidos gruesos.

Figura 5.5 Trampa de grasas en funcionamiento



Fuente: Fotografía tomada durante el proceso.

5.3.3 Coagulación-sedimentación

Las muestras utilizadas para la coagulación- sedimentación fueron tomadas del tanque homogenizador.

Se pesaron los 03 diferentes coagulantes para poder obtener concentraciones de 40, 60, 80 ;100 ppm; y se trabajó a pH 4, 5, 6,7 en el test de jarras.

Tabla 5.1 Formato para registro de datos para selección de coagulante

pH= _____

Coagulante	40 ppm	60 ppm	80 ppm	100 ppm	Color
Sulfato de aluminio					
Sulfato de fierro					
Cloruro de fierro					

Fuente : elaboración propia

Tabla 5.2 Formato para registro de datos a diferentes concentraciones y pH

dosis	Corrida exp.	pH=7	pH=6	pH=5	pH=4	Color
40 ppm	1ª					
	2ª					
	3ª					
60 ppm	1ª					
	2ª					
	3ª					
80 ppm	1ª					
	2ª					
	3ª					
100 ppm	1ª					
	2ª					
	3ª					

Fuente: elaboración propia

5.4 TECNICAS DE ANALISIS DE DATOS

5.4.1 Para la selección del coagulante

Se utilizó el análisis de varianza o ANOVA que sirvió para demostrar si hay diferencia significativa entre los tratamientos (tipos de coagulantes); es decir si

todos los coagulantes nos proporcionan similares resultados al aplicar los tratamientos o diferentes resultados.

Factor: Tipos de coagulantes

Modelo: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$

5.4.2 Para evaluar influencia del pH

Para determinar la influencia del pH y de las concentraciones del coagulante, y la acción simultánea de las concentraciones y pH sobre los resultados se aplicó un Análisis de Varianza para un modelo Bifactorial.

Análisis de Varianza para un modelo Bifactorial

Factor A: Dosis

Factor: pH

Modelo: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$



VI. RESULTADOS

6.1 CARACTERIZACION DEL AGUA RESIDUAL

Tabla 6.1 Número promedio de animales faenados según día de beneficio

Día	Nº faenados	Bovinos	Peso promedio del Bovino	Volumen de agua utilizado
Martes	50-60			22,5 - 27 m ³
Jueves	70-80		400 Kg	31.5 - 36 m ³
Domingo	100-120			45- 54 m ³
TOTAL, SEMANAL				99 -117
Promedio agua residual a tratar diariamente				25 - 30 m ³ / día

Fuente: datos tomados en el camal.

Tabla 6.2 Características del agua residual según horario de faenamiento

Hora	Operación	Característica del agua residual
4:00-9:00	Baño externo	Agua clara con residuos de estiércol y presencia de pelos.
	Sangría	Agua con contenido de sangre, estiércol y pelos, color rojiza.
	Degüello	Agua con contenido de sangre, estiércol y pelos, restos de pezuñas, color rojiza.
	Desuello	Agua con contenido de sangre, estiércol y pelos, restos de piel y grasa, color rojiza.
10:00-12:00	Eviscerado	Agua con menor contenido de sangre, estiércol, grasa, color marrón rojiza.
12:00 -14:00	Lavado de canales	Agua con contenido de sangre, grasa, color marrón rojiza.
14: 00 -18:00 aprox.	Oreo	Agua con contenido de sangre, grasa, porque se continua el lavado de vísceras, color marrón rojiza.

Fuente: Datos tomados durante los procesos de faenamiento un día domingo

Entre las 10:00 y 13:00 horas son las horas de mayor producción de aguas residuales, porque se realizan simultáneamente todas las operaciones.

Se midió el caudal en ese horario, los días domingos, obteniendo como promedio: 0,0133 m³/s.

Las visitas al camal se realizaron durante tres meses, en días y semanas elegidos al azar para verificar información, obteniéndose los resultados promedios mostrados en las tablas.

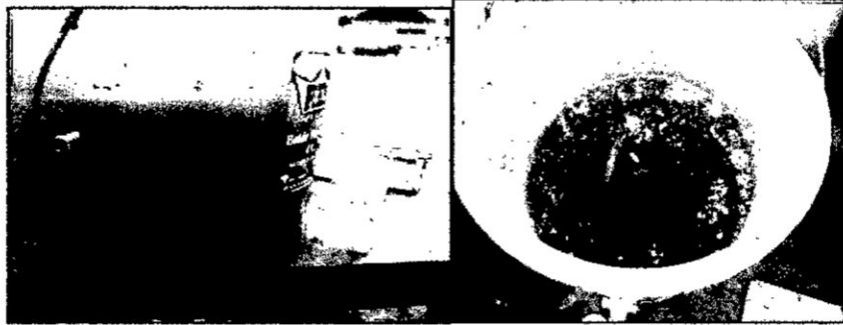
Estos resultados permitieron caracterizar al agua residual mostrando la necesidad de un tratamiento previo de desbaste, flotación de grasas y aireación para disminuir la concentración de sólidos suspendidos y DBO como parte del tratamiento primario, para luego homogenizarla.

Tabla 6.3 Características del agua residual al ingreso al tanque de recepción

Parámetro	Unidad	Expresión	Valores en el camal	Vma para descargas al sistema de alcantarillado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	1075,0 mg/l	500
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	6156,9mg/l	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	2548,8 mg/l	500
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	128 mg/l	100
Ph	unidades	pH	7.38	6.5 – 8.5
Temperatura	°C	T	22,3 °C	< 35
Conductividad eléctrica	µS/cm		3356	-
Sólidos disueltos totales	mg/L	TDS	9462,5 mg/l	150ml/l (a la salida de un PTAR)

Fuente: Resultados de Laboratorio

Figura 6.1 Muestras de agua residual a la salida del proceso de faenamiento.



Fuente: Fotografías tomadas entre las 9 – 10 horas

Tabla 6.4 Características del agua residual en el tanque de Homogenizado

Parámetro	Unidades	Valor medido
DBO ₅	mg/L	564.395
DQO	mg/L	3447.36
A y G	mg/L	45.30
Solidos Totales Suspendedos	mg/L	1730.00
pH	unidades	7.11
Temperatura	°C	26.5

Fuente: Resultados de laboratorio

Figura 6.2 Equipo de pretratamiento instalado para la corrida experimental



Fuente: fotografía tomada durante la instalación

Figura 6.3 Equipo de pretratamiento en pleno funcionamiento



Fuente: Fotografía tomada durante el pretratamiento

6.2 COAGULACION - SEDIMENTACION

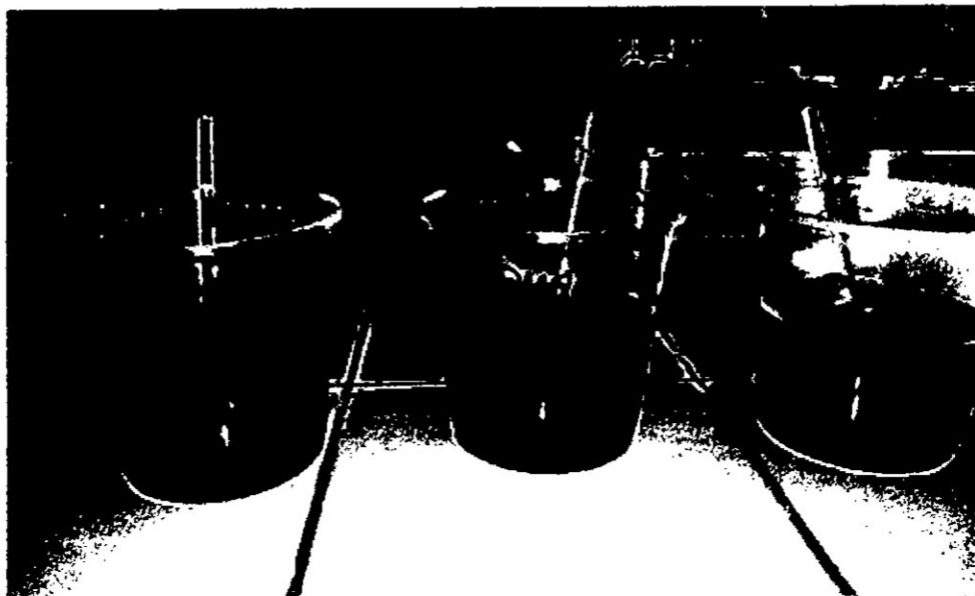
Figura 6.4: Resultados de prueba de jarras utilizando $(Al)_2(SO_4)_3$ a diferentes concentraciones y pH=8.



Fuente: Fotografía tomada durante el tratamiento

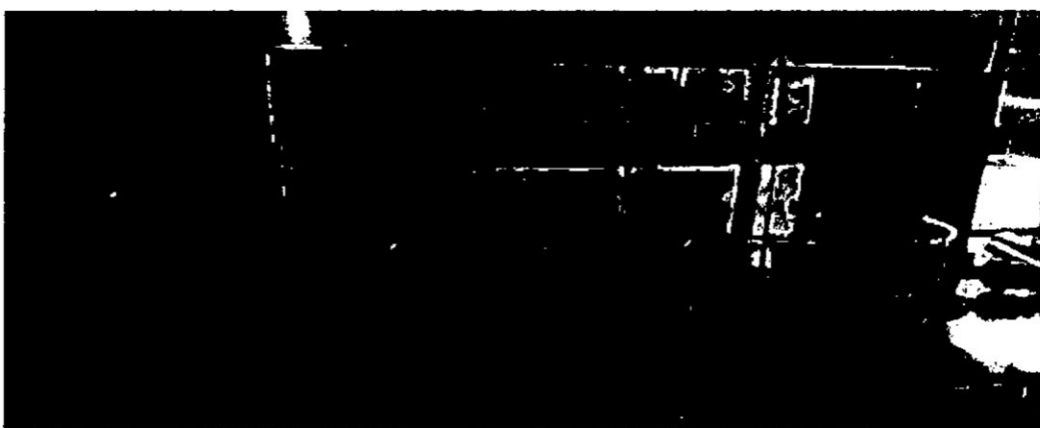
CP

Figura 6.5 Resultados de prueba de jarras utilizando FeSO_4 a diferentes concentraciones, pH=8.



Fuente: Fotografía tomada durante el tratamiento

Figura 6.6 Resultados de prueba de jarras utilizando FeCl_3 a diferentes concentraciones y pH=8.



Fuente: Fotografía tomada durante el tratamiento

Q

Tabla 6.5 Turbidez (NTU) a pH=7 con tres diferentes coagulantes

Turbidez del agua residual a la salida del homogenizador: 498.0 NTU
pH =7.03
Junio 2017
Mezcla rápida: 300 rpm
Tiempo: 1 min.
Sedimentación: 15 minutos

Coagulante	40 ppm	60 ppm	80 ppm	100 ppm	Color
Sulfato de aluminio	80.85	123.48	150.46	77.99	rojiza
Sulfato de fierro	149.363	200.28	172.83	241,24	Rojo oscuro
Cloruro de fierro	116.63	124.29	205.98	123.39	rojiza

Fuente: elaboración propia

Figura 6.7 Resultados de prueba de jarras utilizando diferentes coagulantes a pH=7.



Fuente: Fotografía tomada durante el tratamiento a 40 ppm

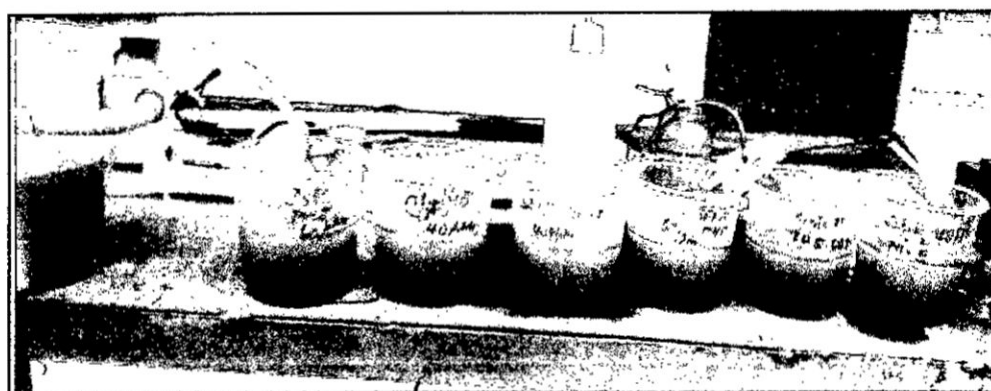
Figura 6.8 Resultados de prueba de jarras utilizando diferentes coagulantes a pH=7.



Fuente: Fotografía tomada durante el tratamiento a 60 ppm

Al agua pretratada y ya homogenizada se le aplicaron tratamientos con Sulfato de fierro II, cloruro férrico y sulfato de aluminio, en el mismo camal, para contrastar los resultados obtenidos por prueba de jarras, a pH=5. Obteniendo los resultados mostrados en la figura 7.

Figura 6.9 Resultado de coagulación – sedimentación en pruebas en el camal



Fuente: Fotografía tomada a los tratamientos aplicados

Tabla 6.6 Turbidez (NTU) con Sulfato de aluminio en segunda corrida

Turbidez del agua residual a la salida del homogenizador: 518.94 NTU
 pH =7.01
 Julio 2017
 Mezcla rápida: 300 rpm
 Tiempo: 1 min.
 Sedimentación: 15 minutos

Coagulante	dosis	pH=7	pH=6	pH=5	pH=4	Color
Sulfato de aluminio	40 ppm	71.39	70.72	41.51	37.21	Cuando el pH =4 el color rojizo, disminuye notoriamente.
	60 ppm	139.57	75.40	55.53	39.79	
	80 ppm	162.52	153.83	87.2	30.16	
	100 ppm	92.23	65.79	46.89	29.97	

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.7 Turbidez (NTU) con Sulfato de aluminio en tercera corrida

Turbidez del agua residual a la salida del homogenizador: 499 NTU

pH =7.03

Setiembre 2017

Mezcla rápida: 300 rpm

Tiempo: 1 min.

Sedimentación: 15 minutos

Coagulante	dosis	pH=7	pH=6	pH=5	pH=4	Color
Sulfato de aluminio	40 ppm	61.46	68.82	39.98	32	Cuando el pH =4 el color rojizo, disminuye notoriamente
	60 ppm	125.20	64.36	53.48	32.16	
	80 ppm	143.87	109.78	85.76	39.97	
	100 ppm	82.12	59.76	45.78	24.92	

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.8 Consolidado de resultados de Turbidez (NTU) obtenidos en las repeticiones

dosis	Corrida exp.	pH=7	pH=6	pH=5	pH=4	Color
40 ppm	1 ^a	80.85	86.78	40.2	35.5	Cuando el pH =4 el color rojizo, disminuye notoriamente, desde los 60 ppm
	2 ^a	71.39	70.72	41.51	37.21	
	3 ^a	61.46	68.82	39.98	32	
60 ppm	1 ^a	123.48	68.70	50.33	30.50	
	2 ^a	139.57	75.40	55.53	39.79	
	3 ^a	125.20	64.36	53.48	32.16	
80 ppm	1 ^a	150.46	93.25	65.78	39.75	
	2 ^a	162.52	153.83	87.2	30.16	
	3 ^a	143.87	109.78	85.76	39.97	
100 ppm	1 ^a	77.99	61.78	43.76	27.89	
	2 ^a	92.23	65.79	46.89	29.97	
	3 ^a	88.12	59.76	45.78	24.92	

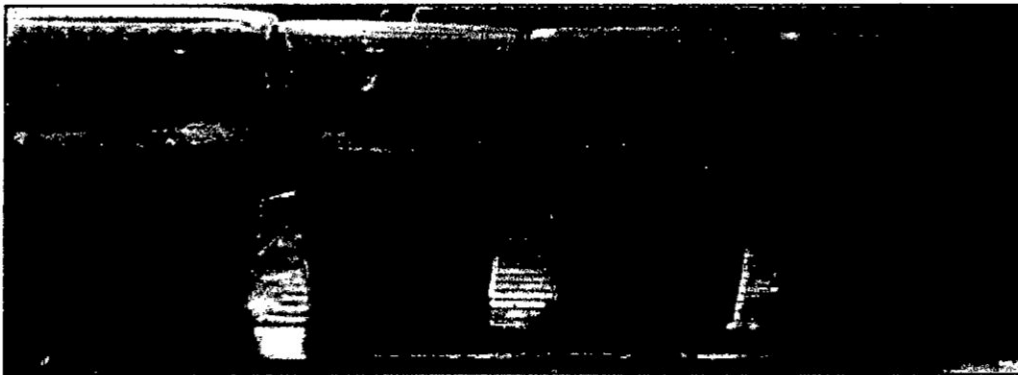
Fuente: elaboración propia

Figura 6.10 Resultados prueba de jarra a pH=7 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación



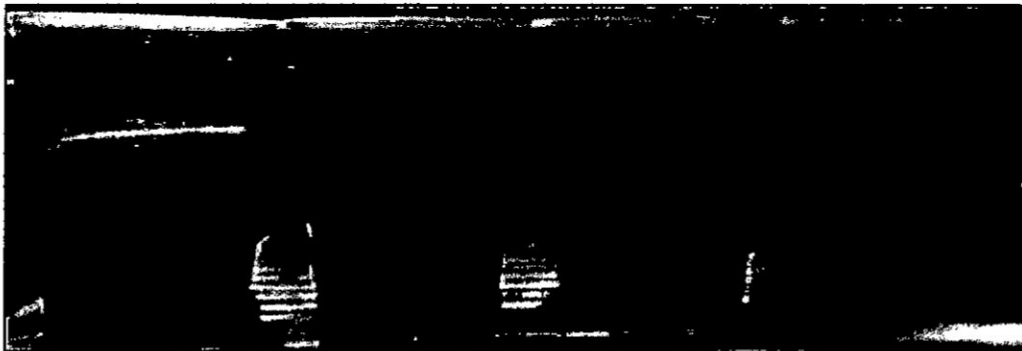
Fuente: Fotografía tomada a los tratamientos aplicados

Figura 6.11 Resultados prueba de jarra a pH=6 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación



Fuente: Fotografía tomada a los tratamientos aplicados

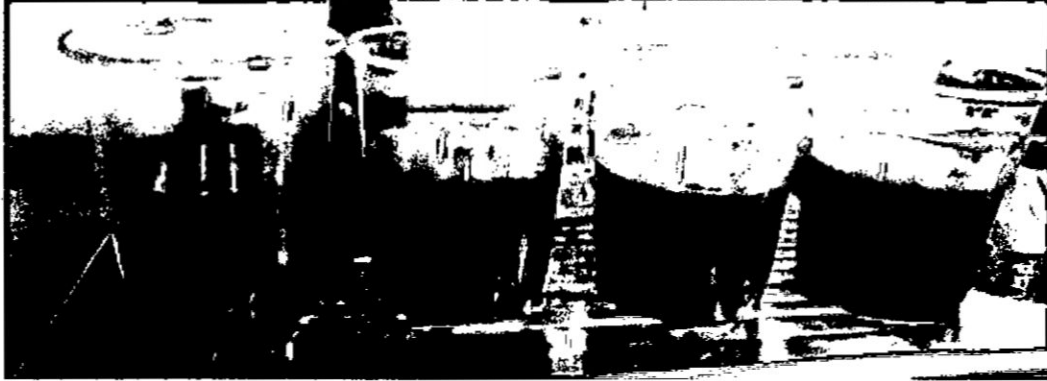
Figura 6.12 Resultados prueba de jarra a pH=5 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación



Fuente: Fotografía tomada a los tratamientos aplicados

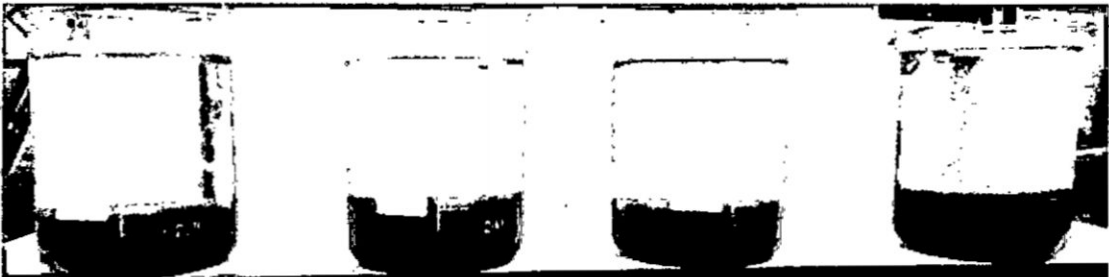
A handwritten signature or set of initials in the bottom left corner of the page.

Figura 6.13 Resultados prueba de jarra a pH=4 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 15 minutos de sedimentación



Fuente: Fotografía tomada a los tratamientos aplicados

Figura 6.14 Resultados prueba de jarra a pH=4 con sulfato de aluminio a diferentes concentraciones a 30 minutos de sedimentación



Fuente: Fotografía tomada a los tratamientos aplicados

Figura 6.15 Canaletas de salida de agua residuales en el camal.



Fuente: Fotografía tomada a la canaleta de salida de aguas residuales.

A handwritten signature in black ink, located at the bottom left of the page.

Figura 6.16 Comparación del agua residual a la entrada y salida del pretratamiento y floculación-coagulación.



Fuente: Fotografía tomada al inicio y al final de los tratamientos aplicados

6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

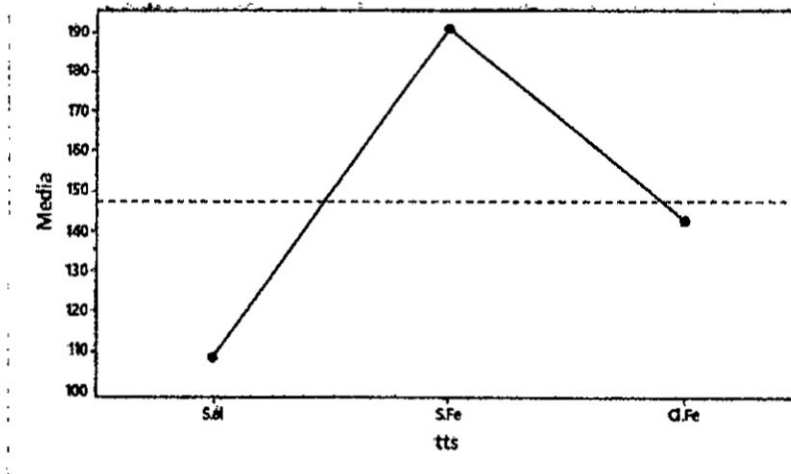
6.3.1. Selección del coagulante

Tabla 6.9 Análisis de Varianza Unifactorial para determinar la diferencia entre los diferentes coagulantes

Fuente de Variación	GL	SS	MC	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	13822	6911	4.52	0.044
Error	9	13747	1527		
Total	11	27570			

Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

Figura 6.17. Efectos principales para resultados



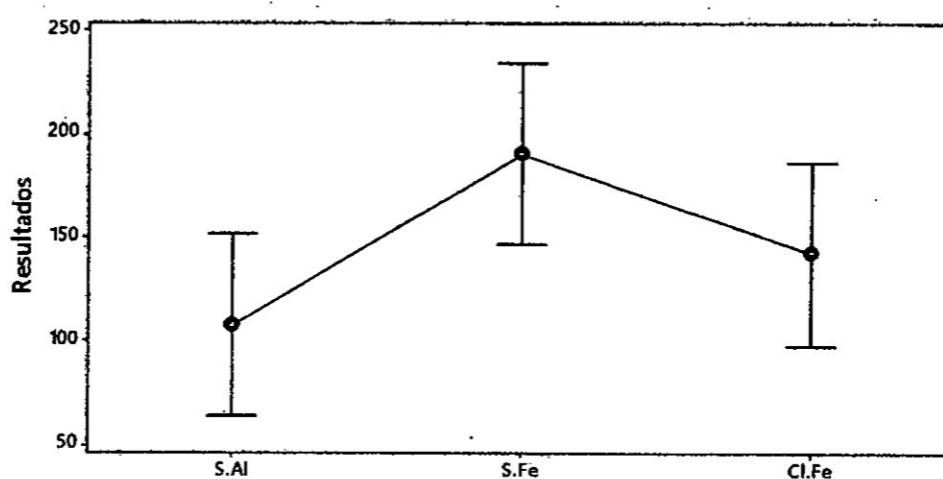
Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

Tabla 6.10 Intervalos de confianza para los efectos de los diferentes coagulantes

Tratamiento	N	Media	Desv. Est.	IC de 95%
Sulfato de aluminio	4	108.2	35.0	(64.0; 152.4)
Sulfato de fierro	4	190.9	39.5	(146.7; 235.1)
Cloruro de fierro	4	142.6	42.4	(98.4; 186.8)

Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

Figura 6.18 Intervalos de Resultados Vs. tratamientos



Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico para IC 95%

6.3.2. Influencia del pH

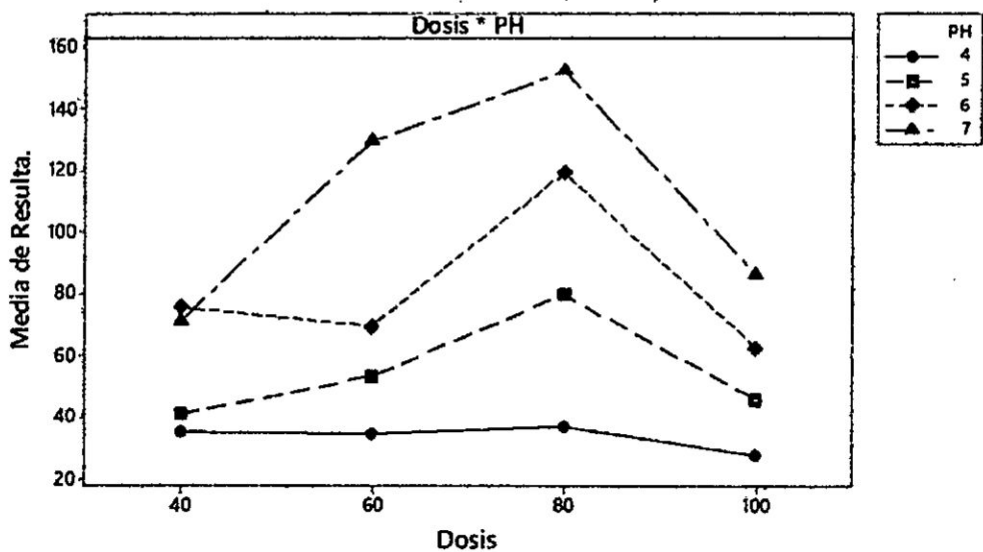
Tabla 6.11 Análisis de varianza para un modelo bifactorial

Fuente	GL	SC ajustado	MC ajustado	Valor F	Valor p
Concentración	3	13752	4583.9	44.28	0.000
pH	3	39542	13180.6	127.32	0.000
Conc. * pH	9	7663	851.5	8.23	0.000
Error	32	3313	103.5		
Total	47	64270			

Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

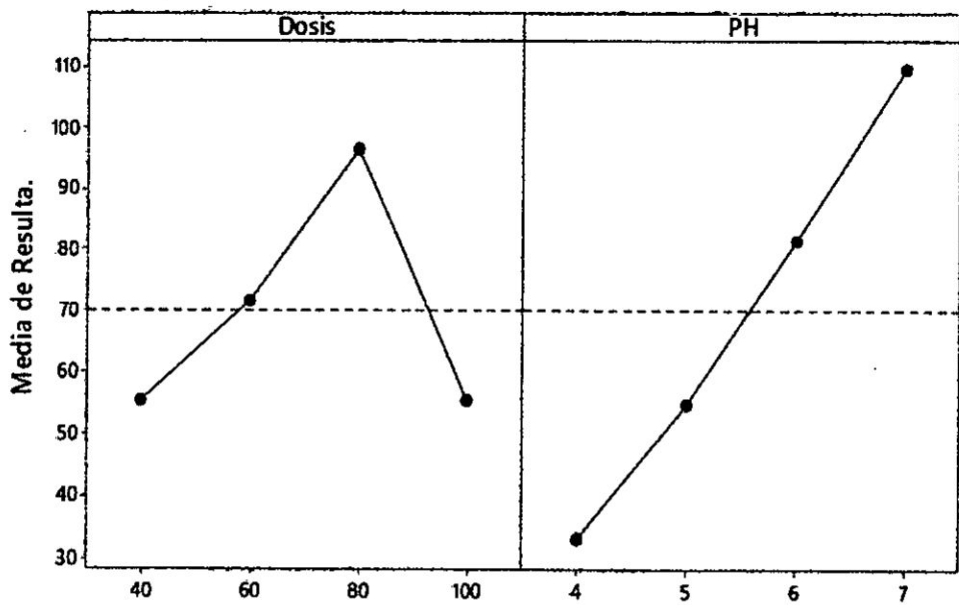
VP

Figura 6.19 Interacción de Concentración del coagulante y pH



Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

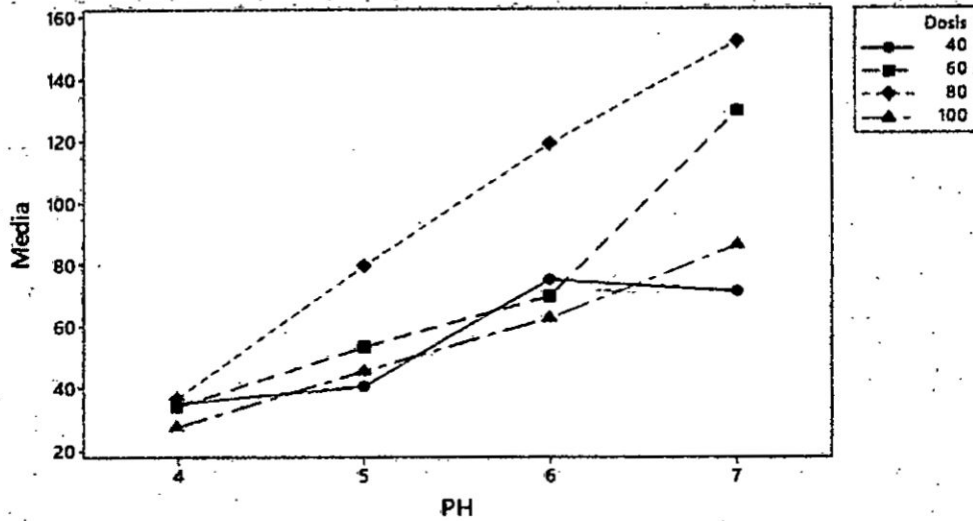
Figura 6.20 Resultados por factores separados



Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

Handwritten signature

Figura 6.21 Interacción del pH en los resultados



Fuente: Resultados obtenidos con el programa estadístico

6.3.3 Remoción de la turbidez

Tabla 6.12 Consolidado de resultados de Turbidez (NTU) obtenidos en las repeticiones

Valor de turbidez antes de los tratamientos: 499 NTU

dosis	Corrida exp.	Turbidez a pH=4	Remoción de turbidez %	promedio
40 ppm	1ª	35.5	92.89	93.01
	2ª	37.21	92.54	
	3ª	32	93.59	
60 ppm	1ª	30.50	93.89	93.16
	2ª	39.79	92.03	
	3ª	32.16	93.56	
80 ppm	1ª	39.75	92.03	92.66
	2ª	30.16	93.96	
	3ª	39.97	91.99	
100 ppm	1ª	27.89	94.41	94.47
	2ª	29.97	93.99	
	3ª	24.92	95.01	
PROMEDIO				93.32

Fuente: elaboración propia

VII. DISCUSION

De las evidencias fotográficas (Fig. 6.4-6.6) se puede observar que ninguno de los coagulantes previstos en la hipótesis específica 1 para el tratamiento (Cloruro férrico y sulfato ferroso) contribuyen a disminuir la **coloración rojiza del agua residual** aun cuando forman precipitados. Por lo que **se descarta la coagulación-sedimentación a pH=8 con estos coagulantes**. Además, se observa que en presencia del coagulante $Fe Cl_3$ el color rojizo se vuelve más oscuro.

Los resultados mostrados en la tabla 6.5 y figuras 6.7 y 6.8 confirman que el **$Fe Cl_3$ no es un coagulante adecuado para eliminar el color rojizo en las aguas residuales de un camal**. Así mismo se ha podido evidenciar que el coagulante que en todos los casos ha dado mejores resultados, en cuanto a la coloración, ha sido el sulfato de aluminio.

De los resultados del análisis estadístico (Tablas 6.8 y fig. 6.16), el valor del ANOVA resulta $P=0.044 < 0.05$ por lo tanto se concluye que los **valores de turbidez** al aplicarse los diferentes tipos de coagulantes no ofrecen los mismos resultados. La tabla y 6.9 y fig. 6.17 muestran el resultado del análisis de los intervalos de confianza para los efectos (turbidez en NTU), es decir los límites entre los que varían los efectos de cada uno de los coagulantes aplicados, con un 95% de confiabilidad, observándose que el que ofrece mejor resultado es el Sulfato de aluminio.

Por lo que se concluye que el coagulante adecuado para la coagulación – sedimentación primaria de las aguas residuales del camal (de beneficio de bovinos) es el sulfato de aluminio.

Con respecto a la influencia del pH en la coagulación-sedimentación primaria de aguas residuales en un canal donde el principal problema son las partículas sólidas coloidales de origen orgánico y especialmente la sangre que le aporta coloración rojiza difícil de tratar por estos coagulantes en valores de pH recomendados usualmente, de manera cualitativa puede observarse en las tablas 6.6 -6.8, **concluyendo que conforme se disminuye el valor de pH la turbidez y la coloración rojiza disminuyen. Siendo el valor de pH=4 el que da valores apropiados para reutilizar el agua como agua de riego.**

Estos mismos resultados pueden observarse en las figuras desde la 6.9 hasta la 6.13.

El análisis estadístico (Tabla 6.10 y Fig 6.18) para determinar la influencia de las concentraciones del coagulante, del pH en forma independiente y también la influencia actuando simultáneamente ambos factores sobre los resultados de coagulación – sedimentación primaria permitió **concluir que tanto las concentraciones como los niveles de pH influyen en la variable respuesta en forma significativa**, obteniéndose un valor de $P=0.00 < 0.05$.

Observando los efectos por separado (Fig. 6.19) se comprueba que a pH=4, se obtienen valores de turbidez dentro del rango aceptable. Sin embargo, se ha comprobado que el valor adecuado de pH es el límite inferior del rango de pH (de 6 a 4) previsto en la hipótesis específica 2 (pH=4).

También se ha podido que el efecto interactivo de ambos factores influye en los resultados de coagulación- sedimentación primaria; es decir al actuar en forma

simultánea la concentración del coagulante y un nivel determinado de PH se optimiza la variable respuesta y eso se observa en los gráficos (6.18 y 6.20) de interacción de perfiles donde se observa que **el nivel de pH optimo es 4 a una dosis de 100 ppm de coagulante sulfato de aluminio.**

Sin embargo, valores de 60 ppm de coagulante sulfato de aluminio a pH = 4 son suficientes para que los niveles de turbidez (40 NTU) y coloración rojiza del agua residual permitan que ésta pueda ser reutilizada como agua de regadío en los espacios del mismo camal.

Con respecto a la hipótesis planteada: “El proceso de coagulación-sedimentación primaria de aguas residuales de un camal es más eficiente a pH menores a 7”, queda demostrado que se cumple; pero los resultados más eficientes se obtienen a pH= 4, utilizando 100 mg/l del coagulante sulfato de aluminio.

Los resultados obtenidos corresponden a las aguas residuales de un camal de ganado bovino de población mediana y que por el número de reses beneficiadas presenta las características señaladas en las tablas 6.3 y 6.4.

Para la selección inicial de los coagulantes y el rango de pH a utilizar se ha tomado en cuenta, además de la remoción de la turbidez que era uno de los objetivos implícitos en la investigación, que el tratamiento sea lo más amigable con el ecosistema, ya que el camal se encuentra ubicado en una zona natural protegida, que el costo sea accesible debido a la población (número de reses) que



beneficia (mientras más sofisticado sea el tratamiento es más costoso), que sea fácil de operar y con reactivos que sean accesibles fácilmente.

Por los resultados obtenidos puede recomendarse que para mataderos también llamados camales, de tamaño intermedio, es posible el tratamiento primario de las aguas residuales, con costos accesibles y de relativa facilidad de operación, obteniendo una calidad de agua útil para riego, focalizados en la coagulación-sedimentación. Obteniendo aguas residuales que son posibles de reutilizar como agua de regadío.



VIII. REFERENCIALES

1. CABRERA BERMÚDEZ, XIOMARA; FLEITES RAMÍREZ, MARISOL; CONTRERAS MOYA, ANA M. CABRERA Y OTROS. **Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil "desembarco del granma" a escala de laboratorio.** *Tecnología Química*, vol. XXIX, (núm. 3.). pp: 64-73 septiembre-diciembre. 2009.
2. CONGRESO DE LA REPUBLICA DEL PERU. Ley N° 29338 **Ley de los recursos Hídricos.** El Peruano, Normas legales. Lima, Marzo 2009. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos>. Articulo web visto en Enero 2016
3. CHEN, G. **Electrochemical technologies in wastewater treatment.** *Separation and Purification Technology*, vol 38. Pag: 11-41. July 2004.
4. GÓMEZ PUENTES, N. **Remoción de materia orgánica por floculación-coagulación.** Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Manizales. Facultad de Ingeniería y arquitectura. Departamento de Ing. Química. 2005
5. GOMEZ N. RODRIGO. **Evaluación del efecto-mezcla en la oxidación de fierro para potabilización del agua.** Tesis para optar el Título de Ing. Civil. Chile. Facultad de Ingeniería-Departamento de ingeniería civil y ambiental Universidad del Bio Bio. 2013.
6. INDITEX. **Fichas técnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria textil Coagulación-sedimentación.**



Serie tratamientos primarios. Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/316965974/Coagulacion-floculacion>. Artículo

web consultado el 29 de octubre del 2017

7. JIMENEZ, BLANCA, **La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada.** Mexico Editorial LIMUSA. 2001.
8. LÓPEZ L, ALBERTO. DE LA BARRERA, F, JORGE. VALLEJO R, RAMIRO. VARAHONA A, CARLOS. **Estudio comparativo entre un proceso fisicoquímico y un biológico para tratar agua residual de rastro.** *Interciencia* Vol 33 (Nº 7). Pag.: 490-495. Julio 2008.
9. MALDONADO, J., RAMÓN, JACIPT. **Sistema de tratamiento para aguas residuales industriales en mataderos.** *Revista ambiental agua, aire y suelo.* Vol 1. Pag.:34-47. Universidad de Pamplona- Colombia. 2006.
10. MASCARÓS VICEDO, J. **Estudio de la eliminación físico-química de la turbidez en un agua residual de una industria cárnica.** Tesis para optar el grado de master en Ingeniería hidráulica y medio ambiente. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. 2012.
11. METCALF & EDDY. **Ingeniería de aguas residuales.** Volumen I Madrid, Editorial McGraw Hill. 3ª edición. 1995.
12. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. D.S. Nº 022-95-AG. Y D.S Nº 015-2012-AG **Reglamento Tecnológico de carnes.** Perú. Disponible en:



<http://www.minagri.gob.pe/portal/marco-legal/normas-legales66/decretos-supremos68/2012/8235-decreto-supremo-n015-2012-ag>. Artículo web visto en Mayo 2016.

13. MINISTERIO DEL AMBIENTE Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM **Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales**. Disponible en: www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam. Artículo web visto en Mayo 2016.

14. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. **Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**. Disponible en: http://www.ana.gob.pe/media/664662/ds_002_2008_minam.pdf. Artículo web visto en Mayo 2016.

15. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM **Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación**. Disponible en: www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ds-ndeg-015-2015-minam.pdf. Artículo web visto en Mayo 2016.

16. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. **Marco Normativo General**. Volumen I. Primera edición. Enero 2011.

17. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. **Calidad Ambiental**. Volumen V. Primera edición. Enero 2011.



18. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. **Diversidad Biológica y Áreas Naturales Protegidas**. Volumen IX. Primera edición. Enero 2011.
19. MINISTERIO DEL AMBIENTE. **Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento**. Abril 2001.
20. MINISTERIO DE SALUD. Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Disponible en: [www.sanipes.gob.pe/archivos/biblioteca/N 13 D S N 031 2010 SA.pdf](http://www.sanipes.gob.pe/archivos/biblioteca/N_13_D_S_N_031_2010_SA.pdf). Artículo web visto en Mayo 2016.
21. MINISTERIO DE VIVIENDA. Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. Valores máximos admisibles para descarga en alcantarillas. Disponible en: www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf. Artículo web visto en Mayo 2016.
22. MINISTERIO DE VIVIENDA. Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA, aprueba el Reglamento del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA. Disponible en: www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2011_003.pdf. Artículo web visto en Mayo 2016.
23. MUÑOZ, M DEYANIRA. **Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes**. Disponible en: [http://www.academia.edu/6822584/SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO PARA UNA POBLACION MENOR 2000 HABITANTES SYSTEM OF RESIDUAL WATER TR](http://www.academia.edu/6822584/SISTEMA_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_DE_MATADERO_PARA_UNA_POBLACION_MENOR_2000_HABITANTES_SYSTEM_OF_RESIDUAL_WATER_TR)



EATMENT OF SLAUGHTER HOUSE FOR A SMALLER POPULATIO
N 20 00 INHABITANTS. Artículo Web. Consultado el 18 marzo, 2016.

24. PABÓN, S. L., URBINA, N. A. **Diseño e Implementación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Frigorífico La Frontera Ltda., Villa del Rosario (Norte de Santander)**. Tesis para optar al título de Ingeniero de Producción Biotecnológica. Colombia. Universidad Francisco de Paula Santander. 2005.
25. PEREZ FARRAS. **Teoría de la sedimentación**. Disponible en:
http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teoria_sedimentacion.pdf Artículo Web consultado el 18 marzo, 2017.
26. QUILLE, G.; DONAIRES, T. **Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de camal municipal Ilave**. *Revista de Investigación Altoandina*. Vol 15 (Nº 1). Pp: 65-72. Junio. 2013.
27. RINCON, G.J., LA MOTTA, E.J. **Simultaneous removal of oil and grease, and heavy metals from artificial bilge water using electro-coagulation/flocculation**. *Journal of Environmental Management*. Volumen 144. pag: 42-50. Noviembre 2014.
28. RODRIGUEZ, L. **Estabilidad de los sistemas coloidales Sistemas coloidales en farmacia**. Disponible en:
www.bdigital.unal.edu.co/46443/1/186943.2014.pdf
Artículo web consultado el 12 de noviembre 2017.

PODER EJECUTIVO

Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación

DECRETO SUPREMO
N° 015-2015-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho inrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que este a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la citada Ley, dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;

Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;

Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas procestras de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM y preosar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, atendiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes, dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente.

Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:

6.1. El Titular de la actividad extractiva, productiva y de servicios en curso evalúa si las obligaciones ambientales contenidas en su instrumento de gestión ambiental vigente requieren ser modificadas en virtud a los ECA para Agua establecidos en la presente norma, de modo que su actividad no afecte los cuerpos de agua existentes en el área de influencia de sus operaciones.

6.2. El Titular tiene un plazo de seis (6) meses, contado a partir de la entrada en vigencia de la presente norma, para comunicar a la autoridad ambiental competente si los valores de los ECA para Agua ameritan la modificación de su instrumento de gestión ambiental vigente.

A partir de la fecha de la comunicación formulada a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación del mencionado instrumento de gestión ambiental.

6.3. La Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de noventa (90) días calendario para evaluar y aprobar el Plan de Manejo Ambiental presentado. En el marco del plazo descrito, la Autoridad Ambiental Competente tiene un plazo máximo de cuarenta y cinco (45) días calendario para revisar y remitir las observaciones al Titular respecto al Plan de Manejo Ambiental presentado, en caso corresponda. El Titular tiene un plazo máximo de treinta (30) días calendario para la presentación del levantamiento de las observaciones que haya efectuado la Autoridad Ambiental Competente al Plan de Manejo Ambiental presentado.

6.4. El plazo máximo para la implementación de las medidas de adecuación, contenidas en la modificación del instrumento de gestión ambiental, es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

6.5. Si el titular no formula comunicación ni presenta la modificación de su instrumento de gestión ambiental dentro de los plazos descritos en el presente artículo, son de referencia automática los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 del presente decreto supremo.

La solicitud de modificación no suspende la ejecución de las obligaciones ambientales establecidas en instrumentos de gestión ambiental previamente aprobados por la Autoridad Ambiental Competente, ni el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, según corresponda.

Artículo 7.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Agricultura y Riego, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud y el Ministro del Ambiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Para efectuar los monitoreos en aplicación de la presente norma, la autoridad ambiental competente debe considerar los parámetros asociados prioritariamente a la actividad extractiva, productiva o de servicios y a aquellos que permitan caracterizar las condiciones naturales de la zona de estudio o el efecto de otras descargas en la zona.

Segunda.- La entidad de fiscalización ambiental supervisa, una vez concluido el plazo para la implementación del instrumento de gestión ambiental correspondiente, que las actividades extractivas, productivas y de servicios realicen sus operaciones considerando los valores y parámetros establecidos en la presente norma.

Tercera.- El Titular de la actividad minera que se encuentre implementando su instrumento de gestión ambiental de acuerdo al Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM o el Plan Integral, aprobado por el Ministerio de Energía y Minas, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha autoridad si el plan aprobado requiere ser modificado, a fin de guardar relación con los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

A partir de la fecha de la comunicación a la Autoridad Ambiental Competente, el Titular tiene un plazo de doce (12) meses adicionales para presentar la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental que corresponda.

El proceso de evaluación y aprobación del Plan Integral presentado por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación de la modificación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

La solicitud de modificación no suspende la obligación de cumplir, como mínima exigencia, con los valores de Límites Máximos Permisibles (LMP) anteriormente aprobados contenidos en su instrumento de gestión ambiental vigente, hasta la conclusión del proceso de adecuación.

En caso el Titular minero no cumpla con informar a la Autoridad Ambiental Competente la necesidad de la modificación o no presente la modificación de su Plan Integral o el instrumento de gestión ambiental correspondiente en los plazos establecidos en la presente disposición, se le aplican los compromisos asumidos y el cronograma de ejecución consignado en el Plan Integral aprobado.

Cuarta.- El Titular de la actividad minera que haya cumplido con presentar un Plan Integral, en concordancia con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM; pero que a la fecha de la publicación de la presente norma no cuente con la aprobación por parte del Ministerio de Energía y Minas, tiene un plazo de sesenta (60) días calendario para evaluar e informar a dicha Autoridad Ambiental si el Plan Integral presentado requiere una actualización a los valores de los ECA para Agua aprobados en el artículo 1 de la presente norma.

Efectuada dicha comunicación, la Autoridad Ambiental Competente devuelve el expediente respectivo al Titular minero en el plazo máximo de diez (10) días calendario. A partir de la fecha de la referida devolución el Titular minero tiene un plazo de doce (12) meses para presentar una actualización del Plan Integral inicialmente presentado.

El proceso de evaluación y aprobación de la actualización del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente, se rige por lo dispuesto en el artículo 6° de la presente norma.

El plazo máximo para el cumplimiento del proceso de adecuación es de tres (03) años, contado a partir de la aprobación del Plan Integral por parte de la Autoridad Ambiental Competente.

Si el Titular minero no comunica al Ministerio de Energía y Minas la necesidad de actualizar el Plan Integral que fuera presentado, se entiende que no requiere modificar dicho proyecto de instrumento de gestión ambiental, reanudándose su evaluación.

En caso que el Titular minero, habiendo notificado a la DGAAM del Ministerio de Energía y Minas su disposición a actualizar el Plan Integral presentado no presente dicha actualización en los plazos señalados, puede ser pasible de las sanciones que correspondan por la afectación de la eficacia de la fiscalización ambiental.

Quinta.- En un plazo no mayor a seis (6) meses mediante Resolución Ministerial el Ministerio del Ambiente establece las condiciones sobre los métodos de ensayo aplicables a la medición de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobados por la presente norma.

DISPOSICION COMPLEMENTARIA MODIFICATORIA

Única.- Modificación del artículo 2 de las Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Modifíquese el artículo 2 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, de acuerdo a lo siguiente:

"Artículo 2.- Precisiones de las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Para la implementación del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y de la presente norma, se tiene en consideración las siguientes precisiones de las Categorías de los ECA para Agua:

Categoría 1: Poblacional y Recreacional**Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable****A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

(...)

Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente

(...)

Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales**Sub Categoría C1. Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras**

(...)

Sub Categoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

(...)

Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales**Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.**

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallo bajo), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallo alto), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

Sub Categoría D2: Bebida de Animales.

(...)

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

(...)

Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

Sub Categoría E2: Ríos

(...)

Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros

(...)

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional."

(...)

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil quince.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

JUAN MANUEL BENITES RAMOS
Ministro de Agricultura y Riego

MANUEL PULGAR-VIDAL OTALORA
Ministro del Ambiente

ROSA MARÍA ORTIZ RÍOS
Ministra de Energía y Minas

ANÍBAL VELÁSQUEZ VALDIVIA
Ministro de Salud

TABLA N° 01.- PARÁMETROS Y VALORES CONSOLIDADOS.

CATEGORÍA 1 - A

PARAMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que Pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser Potabilizadas con Tratamiento Avanzado

FÍSICOS - QUÍMICOS

Aceites y grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (p)	Unidad de Color verdadero escala P/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(uS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico	Ausencia de Material Flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoníaco - N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
Hidrocarburos de petróleo emulsionado o disuelto (C10 - C28 y mayores a C28)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (c)		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodiclorometano	mg/L	0,06	**	**
Compuestos Orgánicos Volátiles				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con Tratamiento Avanzado
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados:				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
DDT	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	Retirado
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamatos:				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
Policloruros Bifenílicos Totales				
PCB's	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	50	5 000	50 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas parásitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Microcistina-LR</i>	mg/L	0,001	0,001	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos, en todos sus estados evolutivos) (d)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

- (a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
- (b) Después de la filtración simple
- (c) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cloroformo}}{\text{ECAcloroformo}} + \frac{\text{Clibromoclorometano}}{\text{ECAlibromoclorometano}} + \frac{\text{Cromodiodorometano}}{\text{EACromodiodorometano}} + \frac{\text{Cromoformo}}{\text{EACromoformo}} \leq 1$$

Dónde:
C = Concentración en mg/L y
ECA: Estándar de Calidad Ambiental en mg/L. (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiodorometano)

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.
- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

CATEGORÍA 1 - B

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Acetatos y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (Valor Mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas para recreación	
		B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1000	4 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	E. coli /100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella sp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

- UNT : Unidad Nefelométrica de Turbiedad
- NMP/100 ml : Número más probable en 100 ml
- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

CATEGORÍA 2

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
FÍSICOS - QUÍMICOS					
Acetatos y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Unidad de Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de origen antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORÍA 2			
		AGUA DE MAR			AGUA CONTINENTAL
		Sub Categoría 1 (C1)	Sub Categoría 2 (C2)	Sub Categoría 3 (C3)	Sub Categoría 4 (C4)
		Extracción y Cultivo de Moluscos	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas	Otras Actividades	Extracción y cultivo De otras Especies hidrobiológicas
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Taño	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos de Petróleo Totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES					
(PCB's)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	≤14 (Área Aprobada)(c)	≤30	1 000	200
	NMP/100 ml	*≤88 (Área restringida)(c)			

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.

- Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

(1) Nitrógeno Amoniacal para Aguas Dulce :

Estándar de calidad de concentración del nitrógeno amoniacal en diferente pH y temperatura para la protección de la vida acuática (mg/L de NH3)

Temp (°C)	pH							
	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0
0	231	73.0	23.1	7.32	2.33	0.749	0.25	0.042
5	153	48.3	15.3	4.84	1.54	0.502	0.172	0.034
10	102	32.4	10.3	3.26	1.04	0.343	0.121	0.029
15	69.7	22.0	6.98	2.22	0.715	0.239	0.089	0.026
20	48.0	15.2	4.82	1.54	0.499	0.171	0.067	0.024
25	33.5	10.6	3.37	1.08	0.354	0.125	0.053	0.022
30	23.7	7.50	2.39	0.787	0.256	0.094	0.043	0.021

Nota: Las mediciones de amoníaco total en el medio ambiente acuático a menudo se expresan en mg / L de amoníaco total -N. Los actuales valores de referencia (mg / L de NH3) se pueden convertir a mg/L de amoníaco total -N multiplicando el valor de referencia correspondiente por 0.8224. No recomendado pauta para las aguas marinas

CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
FÍSICOS - QUÍMICOS			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Olor (b)	Color verdadero escala PtCo	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
Zinc	mg/l	2	24
PLAGUICIDAS			
Parathión	ug/l	35	35
Organoclorados			
Aldrin	ug/l	0,004	0,7
Clordano	ug/l	0,006	7
DDT	ug/l	0,001	30
Dieldrin	ug/l	0,5	0,5
Endosulfan	ug/l	0,01	0,01
Endrin	ug/l	0,004	0,2
Heptacloro y heptacloro epóxido	ug/l	0,01	0,03
Lindano	ug/l	4	4
CARBAMATO:			
Aldicarb	ug/l	1	11
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES			
Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)	ug/l	0,04	0,045
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
Coliformes Totales (35-37°C)	NMP/100 ml	1 000	5 000
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 ml	1 000	1 000
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	20	20
Escherichia coli	NMP/100 ml	100	100
Huevos y larvas de helmintos	Huevos/L	<1	<1

(a) para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
 (b) Después de Filtración Simple.

- **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.
 - Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.
 - Δ 3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

CATEGORIA 4

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORIA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS COSTA Y SIERRA		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
FÍSICOS - QUÍMICOS						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala P/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fosforos	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fosforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco	mg/L	1,9	1,9	1,9	0,4	0,55
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	30

PARÁMETRO	UNIDAD	CATEGORIA 4				
		E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RÍOS COSTA Y SIERRA		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,61	1,6	0,61	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
I. Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hydrocarburos						
totales de petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
HTTP						
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hydrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
PLAGUICIDAS						
Organofosforados:						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Parathión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
ORGANOCORADOS						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDT y 4,4'-DDDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfan	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Periclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
CARBAMATO:						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,00015	0,00015	0,00015
POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES						
(PCB's)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/100 mL	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)
 (b) Después de la filtración simple

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales salvo que se indique lo contrario.
 - **: No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

NOTA GENERAL:

- Todos los parámetros que se norman para las diferentes categorías se encuentran en concentraciones totales, salvo se indique lo contrario

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.