



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN
DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES
DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA
DE MELGAR 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SANDY NATHALY PACHARI PAREDES

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN
DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES
DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA
DE MELGAR 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SANDY NATHALY PACHARI PAREDES

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 512-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 21 de noviembre de 2024

VISTOS:

El OFICIO N° 104-2024-D/EPISA/FICP-UANCV del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°487 2024 de fecha 25 de octubre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **1er Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- * **Asesor** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : **miércoles 27 de noviembre de 2024**
- * **HORA** : **09:00**
- * **LUGAR** : **Aula 306 pabellón de hidráulica**

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.
Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



RESOLUCIÓN DECANAL N° 487-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de octubre de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 170-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 029-2024-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 953-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **14 de setiembre de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **16 de octubre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **1er Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 831-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 47781

C.c.
archivo 2024
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL 248-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de junio del 2024

VISTOS:

El OFICIO N° OFICIO N° 044-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental sobre el pedido de cambio de asesor del perfil de tesis del (la) Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**; para optar al Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**.

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**, ha solicitado cambio de asesor del perfil de tesis Titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023** aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL 953-2023-D-FICP-UANCV de fecha 14 de setiembre de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **Asesor** : Ing. KAREN KELLY QUISPE

Que, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras ha tomado de conocimiento que el **ASESOR** del Proyecto de Investigación el (la) Ing. **KAREN KELLY QUISPE QUISPE** no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por lo que ha determinado cambiar al **ASESOR** del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos e investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y;

Estando, al proveído a la solicitud del ejecutante del proyecto de investigación y el documento de vistos, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, mediante el cual informa la designación de nuevo **ASESOR**; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras. de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, el cambio del asesor del Proyecto de Investigación presentado por el Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES** con el tema titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**, para optar al Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, se le asigna como:

- * **ASESOR** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como **ASESOR** del proyecto de investigación al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTICULO TERCERO. - Disponer a los miembros del Jurado Calificador designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del Proyecto de Investigación, trabajo de tesis o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando válido en sus demás disposiciones la Resolución decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO CUARTO. La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable del comité de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc
archivo 2024
interesado(a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
C.I.P. 95531



RESOLUCIÓN DECANAL N° 138-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 24 de abril de 2024

VISTOS.-

El OFICIO N° 021-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y el proveído del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de miembro (s) del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación, del Bachiller: SANDY NATHALY PACHARI PAREDES para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023, y;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: SANDY NATHALY PACHARI PAREDES ha solicitado cambio del segundo miembro de la terna del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación, titulado: EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023 aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL N°953-2023-D-FICP-UANCV de fecha 12 de setiembre de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- ❖ **1er. Miembro** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- ❖ **2do. Miembro** : Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS

Que; el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ha tomado conocimiento que él, segundo miembro no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y;

Estando, a los documentos de VISTOS, mediante el cual informa la designación de la nueva terna de la sub comisión de evaluación; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del Comité de Investigación de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, el cambio del segundo miembro de la Terna del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación presentado por el bachiller: SANDY NATHALY PACHARI PAREDES, titulado: EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental quedando la conformación del sub comité de evaluación de la siguiente forma:

- ❖ **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- ❖ **1er. Miembro** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- ❖ **2do. Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- ❖ **Asesor (a)** : Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, borrador de trabajo de investigación o sustentación del trabajo de investigación, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese

CC.
Archivo 2024
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 953-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 14 de setiembre 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 562-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 087-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 096-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **12 de setiembre de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **SANDY NATHALY PACHARI PAREDES**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR (A) DE INVESTIGACIÓN** al (a) la) asesor (a) externa, **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
archivo 2023
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCÁ:
DECANO
CIP: 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP: 95531



EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios - UANCV



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	SANDY NATHALY PACHARI PAREDES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73710006
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-8710-6251
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro Del Jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro Del Jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Datos de investigación	
Línea de investigación	SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Ubicación: País: Perú Departamento: Puno Provincia: Melgar Distrito: Ayaviri Camal Municipal</p> <p>Coordenadas: Latitud: 14°52'29.9"S Longitud: 70°36'26.7"W https://maps.app.goo.gl/ir2LAmUAe8GJ6y5L9</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Octubre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</p>



De: Fernando Pantoja Sosa
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo SANDY NATHALY PACHARI PAREDES, identificado con DNI Nro. 73710006 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios padre, por brindarme esta oportunidad de alcanzar mis objetivos y proteger mi camino.

A mis queridos padres Julio y Lita; y a mis hermanos, este logro obtenido no sería posible sin el amor incondicional, el apoyo y la inspiración que me brindaron a lo largo de mi vida. Su dedicación y esfuerzo ha sido mi mayor inspiración, enseñándome que con la perseverancia podemos alcanzar cualquier meta.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, quienes han sido los pilares fundamentales en mi vida. Con gratitud eterna, dedico este trabajo a mi familia que ha sido mi mayor fortaleza.

SANDY NATHALY PACHARI PAREDES.



AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a mis padres Julio y Lita y a mis hermanos, agradecerles el apoyo incondicional y la confianza que tienen hacia mí. Sus palabras alentadoras me han impulsado mi determinación a alcanzar este logro.

A mi estimado asesor de tesis al Dr. Milthon Quispe Huanca, gracias por la paciencia, la orientación, su compromiso y sus consejos que me brindo durante la realización de mi proyecto de investigación

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quienes compartieron sus conocimientos y fomentaron un aprendizaje enriquecedor, les agradezco sinceramente.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos aquellos que, de alguna manera contribuyeron a mi crecimiento académico y personal. Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y la colaboración de tantas personas valiosas.

SANDY NATHALY PACHARI PAREDES.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.4.1. Justificación practica	4
1.4.2. Justificación social.....	5
1.4.3. Justificación ambiental	5
1.4.4. Justificación económica.....	5



1.5. Hipótesis de la investigación	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
1.5.2. Hipótesis específicas.....	6
1.6. Variables.....	6
1.6.1. Variable independiente (VI)	6
1.6.2. Variable dependiente (VD)	6
1.7. Operacionalización de variables	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.1.3. Antecedentes locales	14
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Aguas residuales.....	15
2.2.2. Camales municipales	19
2.2.3. Etapas y procesos operativos en camales municipales	20
2.2.4. Características del efluente residual de los camales.....	22
2.2.5. Materia orgánica del efluente residual.....	24
2.2.6. Proceso de oxidación avanzada.....	25
2.2.7. Proceso Fenton	27
2.2.8. Reacción de la oxidación avanzada Fenton	28
2.2.9. Parámetros que influyen en la reacción Fenton	29



2.2.10. Ventajas del proceso Fenton	31
2.2.11. Clasificación de los procesos de oxidación avanzada.....	32
2.3. Marco conceptual	33
2.3.1. Materia orgánica.....	33
2.3.2. Efluente residual.....	33
2.3.3. Dosificación (fenton).....	33
2.3.4. Agitación (fenton)	33
2.3.5. Remoción (fenton)	33
2.3.6. Reactivo	34
2.3.7. Concentración	34
2.3.8. Tiempo	34
2.3.9. Sulfato ferroso	34
2.3.10. Peróxido de hidrogeno	34

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de la investigación	36
3.1.1. Diseño de la investigación	36
3.1.2. Tipo de investigación.....	37
3.1.3. Nivel de la investigación	37
3.1.4. Enfoque de la investigación.....	38
3.2. Población y muestra	38
3.2.1. Población.....	38
3.2.2. Muestra	39



- 3.3. Técnicas e instrumentos..... 40
 - 3.3.1. Técnicas..... 40
 - 3.3.2. Instrumentos..... 41
- 3.4. Procedimiento metodológico 41
 - 3.4.1. Objetivo1: Determinar la cantidad de materia orgánica inicial del efluente residual del camal municipal de Melgar 41
 - 3.4.2. Objetivo 2: Determinar la dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso frentón para la remoción de materia orgánica del efluente residual..... 47
 - 3.4.3. Objetivo 3: determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton 50
- 3.5. Materiales y equipos..... 56

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

- 4.1. Resultados 58
 - 4.1.1. Cantidad de materia orgánica inicial del efluente residual del camal municipal de Melgar..... 58
 - 4.1.2. Dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton para la remoción de materia orgánica 69
 - 4.1.3. Porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton 78
- 4.2. Análisis estadístico..... 81
 - 4.2.1. Prueba de hipótesis general 82



4.2.2. Prueba de hipótesis específico 1	84
4.2.3. Prueba de hipótesis específico 2	85
4.2.4. Prueba de hipótesis específico 3	87
4.3. Discusiones.....	90
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA	96
APÉNDICES	103
Apéndice 1: Matriz de consistencia.....	69
Apéndice 2: Resultados del análisis en laboratorio.....	69
Apéndice 3: Cadena de custodia	54
Apéndice 4: Mapa de ubicación de la zona de estudio.	57
Apéndice 5: Normativa.....	69
Apéndice 6: Panel Fotográfico.	70



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables de la investigación.....	7
Tabla 2. Características de efluentes residuales de camales municipales	24
Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo	40
Tabla 4. Parámetros de la materia orgánica evaluados.....	42
Tabla 5. Dosis de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en aguas rojas.	48
Tabla 6. Dosis de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en aguas verdes. .	48
Tabla 7. Contenido de materia orgánica en el efluente del camal municipal ...	58
Tabla 8. Dosis óptima para la remoción de materia orgánica en aguas rojas .	69
Tabla 9. Dosis óptima para la remoción de materia orgánica en aguas verdes	70
Tabla 10. Porcentaje de remoción de materia orgánica	78
Tabla 11. Prueba de normalidad.....	81
Tabla 12. ANOVA para hipótesis general	83
Tabla 13. T-student para hipótesis específico 1.....	84
Tabla 14. ANOVA para hipótesis específico 2	86
Tabla 15. Prueba de Tukey.....	87
Tabla 16. ANOVA para hipótesis específico 3	88
Tabla 17. Prueba de Tukey.....	89



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipología de procesos de oxidación avanzada	32
Figura 2. Ubicación del área en estudio	39
Figura 3. Muestreo de efluentes de la PTAR del camal municipal	44
Figura 4. Prueba de jarras y sedimentación	50
Figura 5. Análisis de la demanda química de oxígeno	53
Figura 6. Esquema del procedimiento metodológico.....	55
Figura 7. Concentración de DQO ingreso y salida de aguas rojas.....	59
Figura 8. Concentración de DBO5 ingreso y salida de aguas rojas	61
Figura 9. Índice de cantidad de pH ingreso y salida de aguas rojas	62
Figura 10. Variación de la temperatura de ingreso y salida de aguas rojas	63
Figura 11. Concentración de DQO ingreso y salida de aguas verdes.....	64
Figura 12. Concentración de DBO5 ingreso y salida de aguas verdes	66
Figura 13. Índice de cantidad de pH ingreso y salida de aguas verdes	67
Figura 14. Variación de la T en ingreso y salida de aguas verdes	68
Figura 15. Comportamiento de la DQO en relación a las dosis – aguas rojas	71
Figura 16. Comportamiento de la DBO5 en relación a las dosis – aguas rojas	73
Figura 17. Variación del pH en relación a las dosis – aguas rojas	74
Figura 18. Comportamiento de la DQO en relación a las dosis – aguas verdes...	75
Figura 19. Comportamiento de la DBO5 en relación a las dosis – aguas verdes .	76
Figura 20. Variación del pH en relación a las dosis – aguas verdes	77
Figura 21. Porcentaje de remoción de materia orgánica	79



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo “evaluar el proceso Fenton en la remoción de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023”. El diseño de investigación es experimental de enfoque cuantitativo de tipo aplicada. Las muestras obtenidas fueron de 30 litros de aguas rojas y 30 litros de aguas verdes, las técnicas e instrumentos utilizadas fueron la observación, cadena de custodia. En el procedimiento metodológico, se realizó 4 tratamientos con 2 repeticiones, las muestras previamente filtrados y acidificados a un pH de 2.5 – 3. En los resultados, la concentración inicial de materia orgánica presenta valores de 2840 mg/L DQO, 885 mg/l DBO_5 y 6.27 de pH en aguas rojas y 4586 mg/L DQO, 976 mg/l DBO_5 y 6.15 de pH en aguas verdes. Tras la aplicación del proceso fenton, la dosis óptima de sulfato ferroso es 0.7g y 1ml de peróxido de hidrogeno para aguas rojas, en donde, la DQO disminuyo de 2840mg/L a 401mg/l y la DBO_5 de 885mg/l a 292.75mg/l. Mientras que, la dosis de sulfato ferroso de 0.07g y 0.5ml de peróxido de hidrogeno disminuyo de 4586mg/l a 388.5mg/l la DQO y de 976mg/l a 219.15mg/l DBO_5 en aguas verdes. Este proceso logra una reducción significativa del 85.8% de materia orgánica en aguas rojas y del 91.5% en aguas verdes. En conclusión, el proceso fenton es capaz de remover la materia orgánica eficientemente.

Palabras claves: Evaluación, Proceso Fenton, Materia orgánica, Camal municipal.



ABSTRACT

The aim of this research work is to 'evaluate the Fenton process in the removal of organic matter from waste effluents from the municipal slaughterhouse in the province of Melgar 2023'. The research design is experimental with an applied quantitative approach. The samples obtained were 30 litres of red water and 30 litres of green water, the techniques and instruments used were observation and chain of custody. In the methodological procedure, 4 treatments were carried out with 2 repetitions, the samples were previously filtered and acidified to a pH of 2.5 - 3. In the results, the initial concentration of organic matter presents values of 4320 mg/L COD, 1832 mg/l DBO_5 and 6.27 pH in red water and 6880 mg/L COD, 1781 mg/l DBO_5 and 6.15 pH in green water. After the application of the fenton process, the optimal dose of ferrous sulphate is 0.7g and 1ml of hydrogen peroxide for red water, where, COD decreased from 2840mg/L to 401mg/l and DBO_5 from 885mg/l to 292.75mg/l. While, ferrous sulphate dose of 0.07g and 0.5ml hydrogen peroxide decreased from 4586mg/l to 388.5mg/l COD and from 976mg/l to 219.15mg/l DBO_5 in green water. This process achieves a significant reduction of 85.8% organic matter in red water and 91.5% in green water. In conclusion, the fenton process is able to remove organic matter efficiently.

Keywords: Evaluation, Process Fenton, Organic matter, Municipal Camal.



INTRODUCCIÓN

Los efluentes residuales generados en los camales municipales constituyen una crucial naseencia de polución ambiental debido a su elevado contenido de materia orgánica, grasas, proteínas, sólidos suspendidos y otros compuestos recalcitrantes. Según Wang et al. (2019), "los vertidos sin tratar de estas aguas residuales causan un grave deterioro de los cuerpos de agua receptores, al agotar el oxígeno disuelto y favorecer la eutrofización" (p. 1234). Por lo tanto, es fundamental implementar tratamientos efectivos que garanticen la calidad de estos efluentes antes de su descarga.

Los procesos convencionales aplicados en los camales, como los tratamientos biológicos para organismos aerobios y anaerobios, presentan limitaciones para el retiro completo de los compuestos orgánicos recalcitrantes (Abdellah et al., 2018). En este contexto, los procesos de oxidación avanzada (POA) se han presentado como una opción adicional prometedora para el tratamiento de estos efluentes altos en materia orgánica. En el contexto de los métodos avanzados de oxidación, el proceso Fenton resalta por su eficiencia y versatilidad en la descomposición de una gama extensa de agentes orgánicos contaminantes.

El proceso Fenton se arguye en la creación de especies reactivas de hidroxilos ($\bullet\text{OH}$) en gran medida reactivos utilizando la reacción que involucra (H_2O_2) y ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) (Nidheesh et al., 2022). Estos radicales poseen una alta capacidad de oxidación y exhibe la aptitud de mineralizar eficientemente los compuestos orgánicos (Ccoicca, 2022). Coetáneamente, la secuencia Fenton presenta preeminencias adicionales, como la utilización de reactivos seguros y



de bajo costo, y la posibilidad de operar en circunstancias ambientales de temperatura y presión.

Con este enfoque, el objetivo fundamental de este trabajo es evaluar el proceso Fenton en la remoción de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar. Esto permitirá determinar la eficiencia de degradación alcanzada, optimizar las condiciones operativas del proceso y analizar su viabilidad técnica y económica para su potencial implementación a escala real en el manejo de estos efluentes líquidos.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

La expansión industrial y el crecimiento demográfico a nivel global han ocasionado el incremento de la necesidad del suministro de agua potable como recurso primordial para diversas actividades. Este incremento conlleva a una mayor exudación de efluentes antrópicos como industriales, las cuales suelen carecer de un circuito de remediación ecotécnica para la purificación escalonada. En lugar de ello, suelen ser liberadas directamente en cuerpos de agua, resultando con el deterioro de contextos ácueas en las fuentes superficiales y subterráneas debido a la contaminación, como señalan (Arroyo, 2019), y (Medina, 2022). Además, las instalaciones de sacrificio y procesamiento de animales destinados al consumo público representan una importante fuente de contaminación, ya que no cumplen adecuadamente con las normativas sanitarias necesarias y ocasionan desechos en grandes proporciones, incluyendo sangre, residuos ruminales, estiércol y agua. Estos desechos no son manejados de manera adecuada para poder ser liberados en el entorno ambiental (Lara, 2011).



En el Perú, se observa un crecimiento alarmante de los desafíos ambientales, entre estos factores sobresale la contaminación del agua, derivada de múltiples actividades industriales. Particularmente, los líquidos contaminados son resultantes de la industria relacionada con el sacrificio de animales, son motivo de indagación. Dado que son vertidos dentro de las estructuras de alcantarillado público (Nieto & Huamán, 2019), la liberación de estos compuestos podría provocar efectos perjudiciales en múltiples dimensiones del entorno debido a la cantidad y calidad de los desechos líquidos, gases o subproductos generados, resultando ser un componente de riesgo para la salubridad pública y provocando efectos adversos notables en la disponibilidad y calidad de las fuentes naturales renovables, tales como el suelo, agua y el aire (Cáceres, 2005)

El camal municipal de la provincia de Melgar, Geoposicionada en el dominio territorial de Puno, Perú, enfrenta una grave problemática ambiental debido a la inadecuada gestión de los efluentes residuales (rojas y verdes). Estos efluentes, caracterizados por su alta carga de materia orgánica, sangre, grasas y patógenos, son almacenados en lagunas con un tratamiento pésimo. El cual en un futuro se piensa descargar al río Ayaviri. Esta práctica causaría una severa contaminación del agua, perjudicando la sostenibilidad existencial del entorno poblacional local y la biodiversidad acuática. La descarga de estos efluentes sin tratar adecuadamente provoca la eutrofización de los cuerpos de agua, reduce los niveles de oxígeno disuelto y altera los ecosistemas acuáticos. Además, la filtración de estos contaminantes al suelo degradaría la calidad de los terrenos agrícolas circundantes, afectando la producción local de alimentos. Los olores fétidos emanados de estos efluentes contaminan el aire, generando molestias a la población y potenciales problemas de salud respiratoria. Socialmente, esta



situación está provocando conflictos entre la comunidad y las autoridades locales, así como impactando negativamente en actividades mercantiles como la pesca. La falta de un sistema de tratamiento eficiente en el camal municipal no solo viola las normativas ambientales vigentes, sino que también pone en trance la salud pública y el impulso sostenible de la región (Garcia & Zevallos, 2021). Ante lo expuesto, se plantea el proceso Fenton para la erradicación de los materiales orgánicos ejecutando el procedimiento de descontaminación de los líquidos del camal ubicado en la Municipalidad de la provincia de Melgar.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cómo incide el proceso fenton en la remoción de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- 1) ¿Cuánto es la concentración inicial de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal de Melgar?
- 2) ¿Cuánto es la dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton para la remoción de materia orgánica del efluente residual?
- 3) ¿Cuánto será el porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar el proceso Fenton en la remoción de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023

1.3.2. *Objetivos específicos*

- 1) Determinar la concentración de materia orgánica inicial del efluente residual del camal municipal de Melgar.
- 2) Determinar la dosis óptima de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno en el proceso Fenton para la remoción de materia orgánica del efluente residual.
- 3) Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. *Justificación práctica*

El planteamiento sobre la aplicación del proceso Fenton en la remoción de los componentes orgánicos de efluentes que resultan de camales municipales es vital debido a su potencial para mitigar la contaminación hídrica. Este tratamiento avanzado ofrece una alternativa eficaz y ecológica, comparado con métodos convencionales, al degradar compuestos orgánicos complejos en sustancias menos nocivas. Su implementación promete mejorar significativamente la calidad del agua, contribuyendo al cumplimiento de normativas ambientales y fomentando prácticas sostenibles en la industria cárnica, beneficiando así tanto al medio ambiente como a las comunidades locales (Castro, 2017).



1.4.2. Justificación social

La evaluación del proceso Fenton para eliminar materia orgánica en efluentes de camales municipales tiene como repercusión social importante, mejorando el desarrollo comunitario y el nivel de vida. Al reducir la contaminación del agua, este estudio aborda directamente las preocupaciones comunitarias sobre el acceso a agua segura y la sostenibilidad ambiental. Promueve una conciencia ecológica, fomentando prácticas industriales responsables y potenciando el compromiso comunitario con la protección del medio ambiente, lo cual se considera imprescindible para garantizar el bienestar de las poblaciones cercanas a estos establecimientos.

1.4.3. Justificación ambiental

La implementación del proceso Fenton para la descomposición de sustancias orgánicas de efluentes de camales municipales es clave para la protección ambiental. Este enfoque minimiza la liberación de contaminantes orgánicos, contribuyendo significativamente a la conservación de cuerpos de agua. Su implementación refleja un compromiso con el desarrollo sostenible, mitigando el impacto ecológico de los camales y promoviendo la recuperación de ecosistemas acuáticos. Es un paso esencial hacia la reducción de la huella ambiental de actividades industriales en el entorno natural (Delgado, 2019).

1.4.4. Justificación económica

La técnica del proceso Fenton para tratar efluentes de camales municipales representa una inversión estratégica que puede reducir costos a largo plazo. Al mejorar la efectividad en la descomposición de las sustancias orgánicas, este método reduce la necesidad de tratamientos secundarios más

costosos, optimizando recursos. Además, al cumplir con las normativas ambientales, se evitan sanciones económicas, promoviendo una operación más sostenible. Este enfoque puede incrementar la competitividad de los camales municipales, asegurando su viabilidad económica y contribuyendo al desarrollo local (García, 2017).

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

El proceso Fenton reduce significativamente la concentración de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023.

1.5.2. Hipótesis específicas

- 1) La materia orgánica inicial presenta concentraciones elevadas frente a los límites máximos permisibles en los efluentes residuales del camal municipal de Melgar.
- 2) La dosis óptima de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno en el proceso Fenton consiente una mayor remoción de materia orgánica del efluente residual.
- 3) El porcentaje de remoción de materia orgánica del efluente residual es mayor al 70% empleando el proceso Fenton.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente (VI)

- Proceso Fenton

1.6.2. Variable dependiente (VD)

- Remoción de materia orgánica del efluente residual



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA
Independiente		Peróxido de hidrogeno	mL/L	Diseño de investigación Experimental
		0.5 – 1		
Proceso Fenton	Reactivos	Sulfato ferroso	gr	Tipo de investigación Aplicada
		0.3 – 0.5 – 0.7 – 0.9; 0.03 - 0.05 - 0.07 - 0.1		Enfoque cuantitativo
Dependiente		pH	Und. pH	Técnica: observación, revisión bibliográfica.
	Concentración Inicial de M.O.	DBO5	mg/L	
		DQO	mg/L	Instrumentos: cadena de custodia, Métodos normalizados
Remoción de materia orgánica del efluente residual	Remoción de M.O.	pH	%	APHA,
		DQO	%	AWW.WEF.21th
		DBO5	%	ed. 2005



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

El trabajo presentado por Alvarado & Piloso (2020) su propósito es "Implementar la técnica de oxidación avanzada a través el proceso de reacción Fenton en los efluentes producidos en el área de procesamiento de camarón con el fin de reducir las cargas contaminantes". Los investigadores extrajeron efluente para muestra dentro de la instalación de procesamiento de camarón, particularmente de la estación de depuración de los efluentes residuales previa a su manejo adecuado, en la cual se observan concentraciones de $DBO_5= 2344\text{mg/L}$ y $DQO= 2923\text{mg/L}$. Se concretaron mediante praxis múltiples experimentos en los que se variaron las proporciones de la dosis del (POA) Fenton de la siguiente manera: 1:1, 1:3 y 1:5 variando las cantidades de FeSO_4 y H_2O_2 se realizó la aplicación de filtración por medio del carbón activado posterior a la implementación del P.F., obteniendo valores de $DBO_5= 70$ miligramos por litro y $DQO= 98$ miligramos por litro.



La investigación presentada por Sánchez & García (2018) tiene por objetivo “Aumento de una fase de procesamiento avanzado de los efluentes residuales para aumentar la capacidad de descomposición natural de los grupos de agua y facilitar que el procedimiento subsiguiente de tratamiento aborde los líquidos residuales con un índice de biodegradabilidad alterado”. Debido a esto, en este estudio se incrementó la tasa de descomposición biológica de esta forma de desechos, empleando fluidos residuales de procedencia doméstica combinadas con lixiviado y efluentes industriales extraídos de la corriente de Chasinato en la región de Tungurahua, situada en Ecuador, se realizó un análisis del grado de biodegradabilidad, revelando un valor de cero puntos veintidós para la relación DQO y DBO5 en el efluente. Para mejorar este índice sin afectar el pH, se implementó una variante del (POA) de Fenton. Al ajustar las intensidades de los reactivos a niveles óptimos (H_2O_2 y $FeSO_4 = 1$ y $C_6H_8O_7/H_2O_2 = 2$) y añadir diez miligramos por litros de H_2O_2 , se logró elevar el grado de biodegradabilidad a 0.46, considerado adecuado para tratamiento en sistemas convencionales como fosas sépticas. Además, se evidenciaron descensos considerables en las magnitudes, con una optimización de DBO5 del 12.54% y DQO del 44.4% respectivamente.

El informe presentado por el autor García (2017) El propósito principal fue “optimizar las propiedades biodegradables del efluente residual por medio de la determinación de las proporciones ideales del fenton en la muestra anteriormente examinadas. En su propósito se estableció las cantidades de oxígeno disuelto, pH, DQO (total y deliquescente) y DBO5 (total y deliquescente). La metodología del procedimiento considera la combinación del (H_2O_2) y



(FeSO₄) en su calidad de agente quelante las combinaciones (C₆H₈O₇) en cantidades ponderado en masa de uno y cinco en un método de mezclado (prueba de jarras) a cien revoluciones por minuto durante 30 minutos, seguidamente queda la etapa de sedimentación por veinte min. se estima la concentración mediante el análisis de DBO₅ y DQO soluble. El resultado derivado de esta correlación arroja un índice de biodegradabilidad DBO₅/DQO de 0,59; lo que indica la viabilidad de este proceso para la sanitación de los efluentes. Esta estrategia, que comprende un tratamiento preliminar con Fenton seguido de una fase de tratamiento biológico, se muestra como una opción eficiente.

El estudio presentado por Zárate (2014) tiene como objetivo "Examinar el Fenton Solar y las tecnologías Fenton como una posibilidad para el tratamiento terciario propuesto". En su enfoque metodológico, ha empleado dos variantes de Procesos, concretamente el P.F. convencional y el P.F. combinado con la energía solar. La implementación de ambas técnicas se llevó a cabo mediante pruebas experimentales en lotes y en un sistema constante utilizando una instalación experimental dedicada a (POA). Las conclusiones obtenidas indicaron la viabilidad de ambos métodos para la erradicación de sustancias contaminantes específicas, como el color de los efluentes, (DQO) y la (COT). Se lograron la optimización de eliminación del 93.35% para DQO, 47.14% para COT y 88.34% de color, respectivamente, al emplear la tecnología del P.F. convencional. En cuanto al P.F. asistido con luz solar, se alcanzaron tasas de remoción del orden del 94.82 por ciento para DQO, 52.77 por ciento para COT y 98.57 por ciento de color.



2.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación llevada a cabo por Delgado (2019) se enfocó en evaluar la eficacia de la eliminación de tres indicadores físico-químicos de las aguas del camal "Régulo Bernal Torres" utilizando Fenton (POA). En su metodología, se examinó cómo la cantidad de agente químico de Fenton afectaba la eliminación de los factores analizados, y se compararon las conclusiones de eficiencia de estos parámetros utilizando diferentes cantidades del reactivo, en relación con el tiempo de reacción. Se realizaron tres tratamientos diferentes, manteniendo constante del (1g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y reformando la cantidad de peróxido de hidrógeno en proporciones de cero punto dos, cero punto cuatro y cero punto seis de $[\text{Fe}^{+2}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$, analizados a intervalos de treinta, sesenta, noventa y ciento veinte min. se realizó una evaluación completa de varianza de cuantía media y se diseñó un experimento factorial con dos factores primordiales: con tres niveles de dosis para el reactivo de Fenton y cuatro niveles para el periodo de reacción, así como su interacción. La investigación evidenció que la más destacada remoción de color fue del 92.08% con una correspondencia $[\text{Fe}^{+2}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$ de 0.6, y que el mejor periodo de erradicación fue a los 120 minutos, con una remoción del 90.57%. La mayor eliminación de la DQO es de 32.24 por ciento, obtenida en una interacción $[\text{Fe}^{+2}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$ de cero puntos cuatro, y el mejor tiempo de remoción fue a los treinta min, con un 54.80%. En cuanto a la turbidez, la más alta remoción fue del 56.37 por ciento con una interacción $[\text{Fe}^{+2}]/[\text{H}_2\text{O}_2]$ de 0.2, y el mejor lapso de remoción fue del 50.54% a los 120 minutos.



El informe presentado por el autor Medina et al. (2020) se enfoca en mejorar el proceso Fenton para la depuración de las sustancias nocivas presentes en los efluentes residuales de las instalaciones en el camal municipal de Chota-Perú, las cuales son altamente orgánicas y representan una amenaza constante para la contaminación del agua y el suelo. Se analizaron varios parámetros como oxígeno disuelto (OD), potencial óxido-reducción (ORP), temperatura, DBO5, DQO, alcalinidad, sólidos totales, dureza, conductividad, pH, turbidez. Se empleó un sistema de jarras agitadas a treinta revoluciones por minuto para manejar las muestras con distintas cantidades de H_2O_2 y $FeSO_4$, así como diferentes niveles de pH, utilizando el diseño Box-Behnken y la examinación de respuestas superficiales utilizando software especializado Statgraphics 5.1 plus. El periodo óptimo para el tratamiento se determinó en dieciocho min, con cantidades estimadas de $FeSO_4$ de 2110,55 miligramos por litros, H_2O_2 de 1092,67 miligramos por litros y pH de 3,22. Se evalúa una mejora en la biodegradabilidad, alcanzando una remoción de DQO del 79,9 por ciento y valor de 0.5 IB, la implementación del P.F. se posiciona como un planteamiento eficaz para los métodos de los fluidos del camal demostrando la capacidad de ser utilizado como pre-tratamiento.

El estudio presentado por Blas & López (2022) tiene como objetivo general "Examinar los métodos avanzados de oxidación que pueden eliminar de manera eficaz los contenidos químicos de oxígeno presente en los fluidos residuales de las industrias. Este estudio implica una revisión exhaustiva de la literatura obtenida de diversos medios digitales como ScienceDirect, Scielo, Scopus, Redalyc, Semantic, Scholar y Dialnet, donde se identificaron y escogieron treinta



art. relevantes. Las conclusiones revelan que los métodos de oxidación avanzada no fotoquímicos representaron el 89% de los tratamientos aplicados a los efluentes industriales. Se observó que las técnicas basadas en ozono lograron reducciones del 92-98%, mientras que las de oxidación electroquímica y foto catalítica alcanzaron entre un 92-96% y un 90-95%, respectivamente. Por otro lado, las técnicas de Fenton demostraron reducciones de entre el 80% y el 94%. Además, se destaca que las técnicas de coagulación-floculación fueron las más utilizadas, alcanzando un 46% en prevalencia de los procesos de oxidación. En resumen, se establece que los sistemas no fotoquímicos son más efectivos para minimizar la carga química de oxígeno en efluentes residuales de industrias como la curtiduría, la cárnica, la papelera, la láctea y la textil. Asimismo, se identificaron la ozonización y la oxidación electroquímica como las técnicas de oxidación avanzada más eficaces, complementadas principalmente por los procesos de coagulación-floculación

La investigación presentada por Marreros & Meléndez (2021) tiene por objetivo primordial "examinar la factibilidad y eficacia del (POA) Fenton implementado como técnica para la purificación de los líquidos residuales generadas por acciones industriales". Por esa razón, se optó por seleccionar un grupo de cinco investigadores mediante un proceso de indagación riguroso utilizando términos clave específicos. Luego, se procedió a examinar los datos resultantes sobre el porcentaje de eliminación de la (DQO) y gastos relacionados con la implementación del tratamiento. Se presenta en mayor termino de eliminación (DQO) los autores seleccionados fueron de Becerra y Cadena (2017) administrando la cantidad adecuada de Muestra= 600ml, pH= 2.88, t=75min,



H₂O₂= 600 miligramos por litros, DQO/H₂O₂= 6.2, T= 20°C. Fe⁺²=100 miligramos por litro, igualmente, se estimó que la aplicación del Método de (POA) Fenton estándar para Menéndez alcanzaría un coste total de S/. 2,479.20. En conclusión, se ha demostrado que el (POA) Fenton es factible y efectivo para su implementación en distintas industrias para tratar líquidos residuales. Además, la incorporación de un proceso físico secundario, como la consolidación silícica, incrementa la tasa de eliminación de los parámetros.

2.1.3. Antecedentes locales

El propósito del estudio elaborado por el investigador Menéndez (2018) es “analizar la eficacia del método Fenton en la disminución de la materia orgánica presente en el efluente estudiado, el cual fue recolectado en las instalaciones de la compañía situada en el Distrito de Huata, Provincia de Puno – Perú, en el mes de julio del año 2017”. La Identificación se llevó a cabo a través del cotejo de los (SV), (DQO), el pH, ST, la Conductividad Eléctrica en el recinto de Calidad de la UNAP. Utilizando el Desarrollo de metodología estadística Box-Behnken, se instauraron las medidas idóneas del P.F., centrándose en minimizar el porcentaje de DQO. La desintegración de la M.O. en el efluente se examinó mediante un diseño experimental replicado en 30 ensayos, lo que permitió optimizar los parámetros del tratamiento: 3,65 g de sal de Fe²⁺ (P.F.), 30,84g de peróxido de hidrógeno, y un periodo de respuesta de 43,84 minutos. Las cantidades de pH son de 2,8 a 3 manteniéndose en ese rango, 15 °C de temperatura, describiendo así el método cinético de oxidación del lactosuero en aspectos climáticas habituales en las regiones altiplánica (aproximadamente a 3 820 msnm), mediante una ecuación polinómica de segundo orden con un



coeficiente de determinación $R^2 = 0,9978$. Los resultados del tratamiento Fenton mostraron reducciones del 78,93 % en DQO, del 73,20 % en ST, del 84,40 % en SV, del 63,45 % en STD y del 63,35 % en conductividad eléctrica.

El informe presentado por el autor Lipa (2022) consiente por objetivo "La investigación sobre la remoción de compuestos orgánicos de los residuos líquidos de los criaderos en Juliaca, se empleó peróxido de hidrógeno. El estudio incluyó un procedimiento oxidativo con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) de los efluentes del matadero, tras una fase inicial de caracterización que reveló cantidades de concentraciones orgánicas o (DQO) de 4480 m/l y 4554 m/l, a un pH de 7.6 y $16^\circ C$. Dado que estos valores excedían las normativas establecidas, se llevaron a cabo nueve tratamientos con cantidades distintas en dosis de peróxido de hidrógeno al 50%, entre 2 y 18 ml/l, complementados con un catalizador ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), con una agitación de 45 minutos a 40 revoluciones por minuto y a $20^\circ C$. La dosis óptima de peróxido de hidrógeno se determinó en 18 ml/l, a un pH de 2, lo que resultó en una reducción de materia orgánica a 841.3 mg/l, mediante una eficiencia de remoción del 81.4% y una optimización en la biodegradabilidad. Con estos efectos se sugieren que este método de pretratamiento representa una alternativa factible para el abordaje de los efluentes de los criaderos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales

Los efluentes contaminados, comúnmente denominados aguas residuales, constituyen un conjunto heterogéneo de líquidos cuya calidad ha sido alterada

por la actividad humana. Estos fluidos son el resultado de la convergencia de diversas fuentes, incluyendo desechos líquidos generados en entornos domésticos, efluentes provenientes de instituciones y establecimientos comerciales, residuos líquidos de origen industrial, aguas de origen subterráneo o superficial inmerso en relación con sustancias dañosas, y precipitaciones pluviales que han arrastrado contaminantes (Ccoicca, 2022).

La característica definitoria de estos efluentes es la alteración significativa de sus propiedades fisicoquímicas originales, lo que hace imperativo su tratamiento antes de su disposición final en cuerpos receptores naturales. Desde una perspectiva composicional, los vertidos acuosos se explican por contener una fracción mayoritaria de agua, una proporción menor de STT, elementos disueltos y partículas coloidales (Díaz & Collantes, 2019).

Esta composición varía según el origen del efluente, lo que permite clasificar las aguas residuales en tres categorías principales: domésticas, originadas en viviendas y áreas residenciales; urbanas, provenientes de la mezcla de efluentes domésticos y pluviales en áreas urbanizadas; e industriales, generadas como subproducto de procesos productivos y manufactureros. La gestión conforme de estos efluentes es crucial para mitigar su huella ecológica y salvaguardar la salud pública, su tratamiento antes de su reintegración al medio ambiente es un paso fundamental en el ciclo de uso y recuperación del agua, esencial para la sostenibilidad de los activos hidrológicos.

a) Aguas residuales domesticas

Los efluentes domiciliarios, conocidos comúnmente como aguas residuales domésticas, resulta de las diversas prestezas cotidianas realizadas



en entornos residenciales. Estos desechos líquidos se originan principalmente de las tareas de higiene personal, limpieza del hogar y preparación de alimentos, constituyendo un flujo continuo de residuos acuosos con características específicas. La composición de estas aguas residuales es compleja y variada. Se especifican por una exacerbada carga de M.O. biodegradable, proveniente en gran medida de los desechos corporales y restos alimenticios. Además, contienen una significativa concentración de nutrientes, principalmente compuestos nitrogenados y fosforados, derivados de detergentes y excretas humanas. Un aspecto crucial de estos efluentes es la presencia de diversos microorganismos, incluyendo bacterias, virus y otros patógenos, que encarnan un riesgo potencial para la salubridad comunitaria (Blas & Lopez, 2022). A diferencia de otros desechos líquidos, los efluentes domésticos generalmente no contienen concentraciones significativas de sustancias altamente deletéreas, como metales pesados o compuestos químicos sintéticos complejos. Sin embargo, esto no disminuye la importancia de su adecuado tratamiento. La elevada M.O. y la prevalencia de agentes infecciosos hacen que estos efluentes sean potencialmente dañinos para los ecosistemas acuáticos y la salud humana si se liberan sin un tratamiento apropiado. El manejo responsable de estas aguas es fundamental en la gestión ambiental urbana. Su tratamiento adecuado precedentemente de la descarga en cuerpos loticos oriundos es esencial para prevenir la eutrofización, mantener la mesura biocompatible de los ecosistemas acuáticos y salvaguardar los recursos hídricos para usos posteriores. Además, interviene de condición trascendental en la prevención de



enfermedades transmitidas por el agua y en la mejora general de los escenarios salubres de las comunidades (Díaz & Collantes, 2019).

b) Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas comprenden corrientes líquidos generados por actividades comerciales, institucionales y servicios en zonas urbanas. Incluyen descargas de alcantarillado municipal y drenajes pluviales. Contienen una compleja mezcla de contaminantes orgánicos, inorgánicos, nutrientes y microorganismos. Su adecuado tratamiento es indispensable para preservar la calidad ambiental y prevenir riesgos sanitarios en centros poblados (García, 2017)

c) Aguas residuales industriales

Constituyen un grupo diverso y complejo de efluentes, cuya composición y características varían significativamente según el sector productivo del que proceden. Estos fluidos son el resultado de una amplia gama de procesos manufactureros y operaciones auxiliares que se llevan a cabo en entornos industriales. La generación de estos efluentes ocurre en múltiples puntos del ciclo productivo. Por ejemplo, se producen durante las etapas de limpieza y mantenimiento de equipos e instalaciones, donde el agua se utiliza como agente de arrastre para eliminar residuos y contaminantes. También se generan en los sistemas de transporte hidráulico de constituyentes primas y mercantiles, así como en los procesos de enjuague y lavado de materiales en diversas fases de la producción. Un aspecto crucial de las aguas residuales industriales es su participación directa en los procesos de fabricación. En muchos casos, el agua se emplea como disolvente, medio de reacción o



agente de transformación química. Esto implica que estos efluentes pueden contener una amplia variedad de sustancias químicas, incluyendo agregados orgánicos e inorgánicos, algunos de los cuales pueden ser altamente tóxicos o persistentes en el medio ambiente. La complejidad y potencial impacto ambiental de las aguas residuales industriales hacen que su gestión y tratamiento sean especialmente desafiantes. Cada tipo de industria genera efluentes con características específicas, lo que a menudo requiere el diseño de técnicas de tratamiento nominados. Además, la variabilidad en los volúmenes y composición de estos efluentes, que pueden fluctuar según los ciclos de producción, añade un nivel adicional de complejidad a su manejo (García, 2017).

2.2.2. Camales municipales

Conforme al mandato establecido en el Decreto Supremo N° 015-2012-AG, un recinto de sacrificio es una instalación aprobada por la autoridad competente, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), con condiciones higiénico-sanitarias adecuadas para llevar a cabo operaciones de procesamiento de animales destinados al consumo humano.

Las instalaciones destinadas al sacrificio de animales, conocidas como mataderos o camales municipales, también referidas ocasionalmente como instalaciones de procesamiento cárnico, comprenden una serie de procesos técnicos y físicos diseñados para convertir a los seres vivos de naturaleza animal presentes en preparados cárnicos aptos para el consumo humano, que se ajusten a las preferencias de los consumidores (Lipa, 2022)



Según, Jara (2019) dentro de las operaciones de sacrificio animal, se producen tres variedades de desechos líquidos, que se detallan a continuación:

- Las aguas rojas provenientes del matadero, cuya composición principal consiste en proteínas y grasas.
- Líquido verde generado durante el proceso de limpieza y manipulación de las entrañas.
- Efluentes provenientes de instalaciones sanitarias y lavamanos

2.2.3. Etapas y procesos operativos en camales municipales

Se detallan las fases del procedimiento en el matadero, con la producción de residuos en cada una de ellas

a) Recepción de animales, lavado de camiones y estabulación

Los líquidos residuales suelen contener principalmente residuos de productos de higiene mezclados con materia orgánica derivada de la orina y excrementos animales, lo que contribuye a que los líquidos residuales contengan una proporción de compuestos nitrogenados (Jara, 2019).

b) Aturdimiento, sacrificio y sangrado

Durante este proceso, ocurre el fallecimiento, debido a la pérdida de sangre, se hace el uso de una cantidad adecuada de agua para purificar las partes de carne, lo que ocasiona que se generen los líquidos residuales que contienen sangre y componentes del sistema digestivo. La presencia de sangre aumenta de una forma considerable el incremento de materia orgánica M.O (Castro, 2017).



c) Desollado

La fase implica separar la piel mediante un método manual que garantiza su eliminación completa. Durante este procedimiento, se requiere agua para limpiar la piel, como consecuencia se forman los fluidos rojos (sangre) y desechos de tejidos (piel), conocidas como fluidos verdes (Lipa, 2022).

d) Depilado o chamuscado

Se refiere al procedimiento de eliminar el vello. El proceso de chamuscado se emplea para erradicar el vello residual luego de la depilación. En esta fase, se generan desechos líquidos (como sangre) y desechos sólidos (como pelos). Los desechos líquidos de esta fase incluirán grasas, partículas suspendidas (restos de plumas), proteínas, sangre, desechos y otras sustancias orgánicas (Jara, 2019).

e) Eviscerado

Durante esta fase del procedimiento, se lleva a cabo la extracción de los sistemas digestivo, circulatorio, respiratorio y reproductivo del organismo. Estos sistemas, también denominados órganos internos o vísceras, son sometidos a un lavado con agua, lo que resulta en la producción de desechos sólidos (tales como rumen, grasa, bilis y vísceras) desechando aguas con residuos (Castro, 2017).

f) Triperías y lavado

Se efectúa una incisión en la parte central de la línea dorsal mediante el uso de una herramienta de corte eléctrica. Al realizar la limpieza se producen líquidos residuales de los estómagos e intestinos que transportan una cantidad



significativa de residuos de la digestión y grasas provenientes del desprendimiento de las paredes internas de dichos órganos. Durante esta fase, se utiliza el agua para realizar la respectiva limpieza de las carcasas, lo que ocasiona la generación de efluentes rojizos (sangre), piel y desechos sólidos (como fragmentos de tejidos) (Jara, 2019).

2.2.4. Características del efluente residual de los camales

Se caracterizan por su alta carga de M.O. reflejada en elevados niveles de DQO y DBO5. Parámetros decisivos que cuantifica la cantidad de oxígeno ineludible para oxidar químicamente la inmisión nociva orgánico, típicamente oscila entre 2,000 y 5,000 mg/L en estos efluentes, con una media aproximado de 3,500 mg/L. Estos valores significativamente altos se deben a la presencia de diversos componentes orgánicos, incluyendo residuos hemáticos, fragmentos de tejidos animales, grasas y aceites de origen animal, contenido gastrointestinal y residuos de alimentos no digeridos. La concentración sustancial de estos elementos, ricos en proteínas, lípidos y otros compuestos orgánicos complejos, contribuye a la carga contaminante característica de los vertidos cloacal de camales, planteando desafíos significativos para su tratamiento (Araujo & Campos, 2021)

En la industria cárnica, los desechos líquidos generan un impacto ambiental crítico, con concentraciones de sustancias orgánicas que alcanzan los 9,300 miligramos por litro en la DBO5, niveles de nitrógeno total superiores a 250 mg/L, y volúmenes de descarga que oscilan entre 3 y 7 metros cúbicos por tonelada de producto procesado, provenientes de diversos procesos industriales como la limpieza de corrales, el sacrificio de ganado (con un promedio de 200-250



animales sacrificados diariamente), la eliminación de subproductos no comestibles (representando hasta el 40% del peso del animal), y actividades de higienización que utilizan aproximadamente 15-20 litros de agua por kilogramo de carne procesada, cuyos fluidos residuales incorporan agentes desinfectantes como el agua clorada en concentraciones de 50-100 partes por millón (García & Zevallos, 2021).

Según, Lipa (2022) se argumenta que, debido al uso extensivo de agua en los procesos de limpieza y sacrificio en mataderos, resultan un elevado volumen de líquidos residuales que se vierte como consecuencia. Estas aguas residuales poseen elevadas concentraciones de materia orgánica, tales como proteínas, grasas y celulosa, y se representan mediante parámetros como (DQO) y (DBO5), sus cifras representativas varían dependiendo de la cantidad de animales sacrificados diariamente.

El nivel de contaminación que ocasionan los mataderos se altera dependiendo del tipo de ganado sacrificado, el nivel de procesamiento y los procedimientos de limpieza utilizados. La presencia predominante de componentes orgánicos en suspensión y en forma disuelta se atribuye sobre todo en relación con la coexistencia de albuminoides, ácidos orgánicos, compuestos volátiles, cabello, material lignocelulósico y grasas. Sin embargo, el proceso de pérdida de sangre se destaca como un causal crítico en la disrupción de la aptitud ácida residual de los mataderos, ya que la sangre, con su alto contenido contaminante, puede fácilmente superar los límites reglamentarios establecidos. Además, la existencia de aceites y grasas, especialmente en forma

suspendida, es de gran preocupación, ya que su exceso representa un desafío significativo para los tratamientos biológicos (Medina *et al*, 2020).

Tabla 2.

Características de efluentes residuales de camales municipales

Características	Aguas rojas			Aguas verdes		
	Aves	Ovino, vacuno porcino	Industria cárnica general	Aves	Ovino, vacuno porcino	Industria cárnica general
Consumo de agua (m^3/t)	7.5	8.2	5	7	8	5
DBO5 (mgO_2/L)	916	1750	2000	950	1800	2000
DQO (mgO_2/L)	1799	2938	4700	1700	3000	4710
AyG	-	28	-	-	28	-
Contaminación generada DBO5/DQO t	6.2	12.2	12.5	6.2	12.2	12.5

Nota. tabla referenciada de (Araujo & Campos, 2021)

2.2.5. Materia orgánica del efluente residual

A. Demanda química de oxígeno (DQO)

La (DQO) representa un factor esencial para caracterizar la concentración actual de los componentes orgánicos en los efluentes residuales generados por el campo industrial de los camales municipales. Este parámetro cuantifica la medida de oxidante químico requerido para degradar completamente los componentes orgánicos, tanto biodegradable como recalcitrante, como grasas, proteínas y restos de sangre. Los efluentes de camales se distinguen por exhibir niveles extraordinariamente elevados de DQO, con valores típicos que oscilan entre 3000 y 6000 mg/L (Eryuruk *et al.*, 2015). La cantidad precisa de la DQO

resulta necesaria para examinar el rendimiento de los métodos realizados en la depuración de compuestos orgánicos nocivo y estimar la biodegradabilidad del efluente antes de su vertido final. Una DQO alta indica la presencia significativa de M.O. resistentes a la degradación biológica (Cáceres, 2005).

B. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Es un parámetro fundamental en la caracterización de efluentes, que mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el efluente. Este indicador proporciona información crucial sobre la carga orgánica biodegradable y el potencial impacto del vertido en los medios acuáticos de absorción.

En el contexto de los efluentes de camales, la DBO suele presentar valores elevados, generalmente en un rango de 1500 a 3000 mg/L (Bustillo-Lecompte y Mehrvar, 2015). Estos altos niveles se deben principalmente a la constatación de M.O. fácilmente biodegradables como proteínas, grasas y carbohidratos provenientes de los restos animales. La relación (DBO/DQO) es un indicador importante de la bioconversión del efluente. En aguas residuales de camales, esta relación suele ser superior a 0.5, lo que indica una alta fracción de M.O. biodegradable (Kundu et al., 2013). Esta característica hace que los tratamientos biológicos sean particularmente efectivos para este tipo de efluentes.

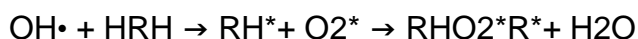
2.2.6. Proceso de oxidación avanzada

Los POAs se rigen como metodologías terciarias de vanguardia, cuyo modus operandi se fundamenta en la génesis de entidades oxidantes de potencia considerable. La finalidad primordial de estos procedimientos radica en



la erradicación de compuestos solubles refractarios a la biodegradación, que se hallan en suspensión en los efluentes contaminados. Estos métodos se valen de agentes oxidantes para segregar y menguar tanto los constituyentes orgánicos como inorgánicos, además de aminorar los cocientes DBO5/DQO. La peculiaridad más sobresaliente de los POAs es su capacidad para oxidar de manera exhaustiva la M.O. (García, 2017).

El mecanismo de acción de estos procesos involucra una cascada de reacciones químicas intrincadas. Inicialmente, se produce la sustracción de un átomo de hidrógeno, lo que desencadena una interacción entre los radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$) y las moléculas orgánicas (HRH), dando origen al radical (RH^*). Subsecuentemente, este radical se amalgama con celeridad con el oxígeno disuelto, generando un peroxoradical orgánico (RHO_2^*) de naturaleza sumamente lábil. Esta secuencia de eventos propicia la ocurrencia de reacciones de oxidación térmica, que liberan el radical R, el cual, a su vez, interactúa con las moléculas de oxígeno y los radicales $\cdot\text{OH}$ presentes en la solución, culminando en la oxidación del radical orgánico. (Lipa, 2022).



Según, Medina et al., (2018) la implementación de los POAs persigue una serie de objetivos específicos:

- La mineralización total de los contaminantes, transmutándolos en dióxido de carbono, agua y aniones inorgánicos, evitando así la formación de subproductos o residuos indeseados.



- La degradación de contaminantes orgánicos en entidades más susceptibles a la biodegradación y de menor toxicidad, sirviendo como pretratamiento antes de un proceso biológico.
- La supresión de características organolépticas indeseables, como la cromaticidad y los olores desagradables.
- La consecución de un efecto desinfectante, eliminando microorganismos patógenos presentes en el efluente.

2.2.7. Proceso Fenton

El proceso Fenton constituye un proceso de oxidación avanzada que ha sido sometido a pruebas en distintos tipos de aguas contaminadas, incluyendo las de origen industrial químico, termoeléctrica, cosmética, agroquímica, textil, petroquímica, alimentaria y en lixiviados de rellenos sanitarios, se ha examinado exhaustivamente el proceso químico, con múltiples investigadores sugiriendo que los iones Fe^{+2} actúan como catalizadores, mientras que el (H_2O_2) actúa como agente oxidante en un entorno ácido, generando ($\bullet OH$). La eficacia global de la reacción está influenciada por factores como la temperatura, concentración de componentes orgánicos e inorgánicos, el pH y la dosificación de los reactivos. (Medina et al., 2020)

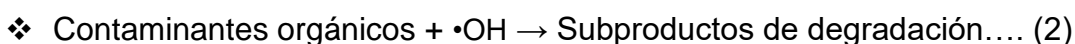
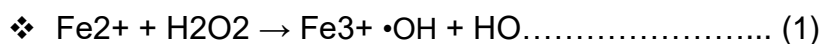
A parte de descomponer los componentes orgánicos, los procedimientos de Fenton también son empleados para disminuir la necesidad de oxígeno en forma química (DQO), disminuir la nocividad de la muestra a tratar y fomentar su capacidad de descomposición biológica (Delgado, 2019)

Según, Medina et al. (2018) la metodología Fenton cuenta con el porte de innovar:

- Una transformación en la estructura de los componentes orgánicos que facilitan los procedimientos biológicos subsiguiente.
- Una degradación parcial que resulta en una reducción de la contaminación asociada al efluente.
- Oxidación integral de los componentes orgánicos y sustancias benignas, habilitando su descarga en efluentes sin necesidad de alterar el procesamiento.

2.2.8. Reacción de la oxidación avanzada Fenton

Según, Rodríguez & Barrera (2020), la reacción Fenton fue descubierta por 1° vez en 1894 por H. J. Fenton, se caracteriza por la producción de radicales hidroxilos ($\cdot\text{OH}$) mediante la interacción entre iones de hierro (II) (Fe^{2+}) y (H_2O_2), según se ilustra en la ecuación (1). Estos radicales poseen un alto poder oxidante ($E^\circ=2.80\text{ V}$) y tienen la capacidad de reaccionar con compuestos orgánicos, lo que conlleva a fenómenos como desmineralización, desfenolización, decoloración, desintoxicación y reducción de la DQO en aguas residuales (reacción 2):



Según la investigación de Delgado (2019), se refiere a la exclusión del activo químico poluentes a través de una combinación de (FeSO_4) y (H_2O_2), a temperatura ambiente y presión normal, variando entre $20\text{ }^\circ\text{C}$ y $40\text{ }^\circ\text{C}$. Estos



factores son ideales para el proceso Fenton se logran bajo un ambiente ácido, lo que facilita la eliminación efectiva de los contaminantes orgánicos con altas tasas de éxito.

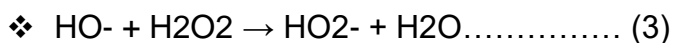
2.2.9. Parámetros que influyen en la reacción Fenton

Prosiguiendo con la elucidación de los factores que inciden en la reacción de Fenton, es menester abordar los parámetros cruciales que modulan su eficacia. Entre estos, destaca de manera preponderante la proporción entre el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y los iones ferrosos (Fe²⁺).

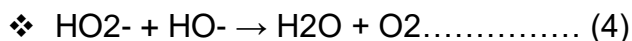
a) Dosis H₂O₂ / Fe²⁺

La cinética de la reacción de Fenton exhibe una correlación positiva con el incremento de las concentraciones tanto de H₂O₂ como de Fe²⁺. Este fenómeno se atribuye a la amplificación en la emisión de radicales hidroxilos (•OH), entidades de alto poder oxidativo. No obstante, es imperativo señalar que esta relación no es lineal.

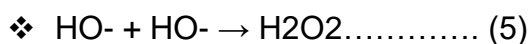
Paradójicamente, una sobredosificación de H₂O₂ puede resultar contraproducente. En tales circunstancias, se propicia la formación de radicales hidroperoxilo (HO₂•), especies con un potencial de oxidación inferior (E°=1.65 V). Este proceso se puede representar mediante la siguiente ecuación:



La presencia de estos radicales hidroperoxilo puede menguar la eficiencia global del proceso a través de reacciones secundarias:



Adicionalmente, es digno de mención que la interacción entre dos radicales hidroxilos puede resultar en la regeneración de peróxido de hidrógeno:



La determinación de las concentraciones óptimas de H_2O_2 y Fe^{2+} es un proceso heurístico vincula el entorno y concentración específica de los contaminantes a tratar. Sin embargo, la literatura científica sugiere, como regla empírica, que la relación molar $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ debería mantenerse por debajo de 10 para maximizar la eficacia del proceso Fenton. Esta intrincada danza de reacciones químicas subraya la complejidad inherente al proceso Fenton y la importancia de una calibración meticulosa de sus parámetros operativos para lograr una degradación óptima de los contaminantes objetivo.

b) Temperatura

El aumento de temperatura contribuye al incremento de tiempo de reacción entre H_2O_2 y Fe^{2+} generando $\text{HO} \cdot$ adicionales, además, optimiza la eficacia en la descomposición de material orgánico, dado que se sobrepasa el umbral de energía de activación, lo que facilita las reacciones de oxidación. Sin embargo, ocurre la descomposición de H_2O_2 en agua y oxígeno, para mitigar este fenómeno, es esencial disminuir la cantidad administrada a elevadas temperaturas. Sin embargo, operar en un entorno térmico elevado presenta una contrariedad, dado que produce $\text{Fe}(\text{OH})_3$, lo que conlleva a una reducción en la eliminación de DQO. Los valores idóneos

de temperatura para la ejecución de la reacción de Fenton se hallan entre los 25 y 50 grados Celsius (Rodríguez & Barrera, 2020).

c) Potencial de hidrogeno

La acidez, medida a través del pH, constituye el elemento de mayor relevancia que influye en el desempeño de la reacción de Fenton. Este proceso prospera en un entorno ácido, con los niveles óptimos de pH situándose entre 2.5 y 3. Además, la capacidad de oxidación de los iones hidroxilo (HO^-) se reduce conforme se eleva el pH. En entornos con un pH elevado, se generan compuestos como óxidos y oxi-hidróxidos de hierro, lo que trastra en una depreciación en la eficiencia del proceso (Rodríguez & Barrera, 2020).

2.2.10. Ventajas del proceso Fenton

Según, García (2017) las ventajas del proceso fenton se menciona a continuación

- Posee una elevada viabilidad por lo que se utilizada en el proceso de descomposición de sustancias perniciosas presentes en los efluentes y/o descargas de distintas fuentes. Asimismo, se puede aplicar para la gestión de residuos sedimentarios y áreas contaminados.
- No es necesario el uso de Energía adicional para inducir la descomposición del peróxido de hidrógeno, considerando que este se descompone en un método muy sencillo para la catálisis homogénea, en la respuesta de oxidación pueden realizarse en contextos de presión y temperatura ambiente.

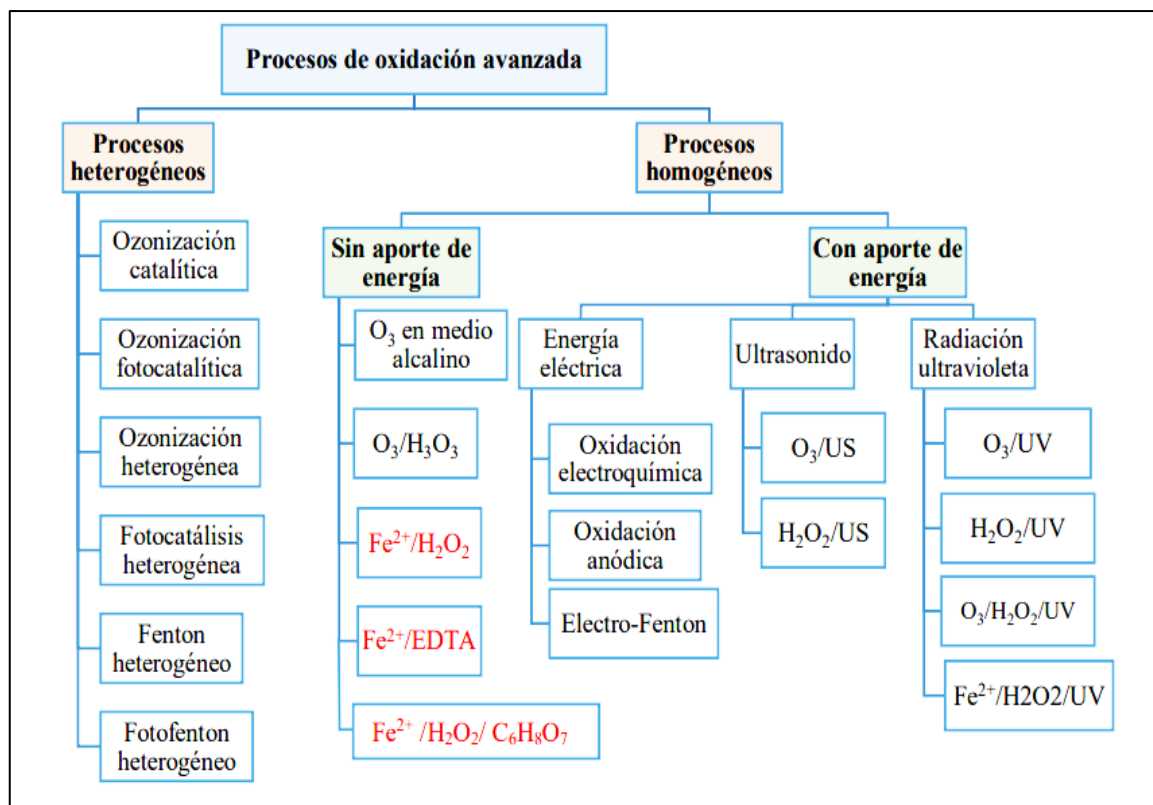
- El Fe^{2+} abunda en gran medida y no es considerado tóxico, al igual que el peróxido de hidrógeno H_2O_2 , Esta situación es fácilmente gestionable y no conlleva impactos adversos en el medio ambiente.
- No se observa la generación de sustancias cloradas, como se evidencia en otros métodos; en cambio, este sistema se caracteriza por su uniformidad, donde no se encuentran restricciones para la transferencia de masa.

2.2.11. Clasificación de los procesos de oxidación avanzada

Se presenta la codificación de la cadena oxidativa avanzada en 2 grupos, homogéneos y heterogéneos.

Figura 1.

Tipología de procesos de oxidación avanzada



Nota. Imagen referenciada de (García, 2017)



2.3. Marco conceptual

2.3.1. *Materia orgánica*

La materia orgánica son compuestos biodegradables que alteran las propiedades del agua, se cuantifica a través de la DQO y DBO5 que se origina por el aditamento de un agente oxidativo fuerte en un entorno ácido que incrementa la proliferación microbiana (Castro, 2017).

2.3.2. *Efluente residual*

Efluente residual es agua contaminada por actividades humanas que transporta contaminantes físicos, químicos y biológicos, requiriendo tratamiento previo a su descarga (Lipa, 2022).

2.3.3. *Dosificación (fenton)*

La dosificación es la determinación precisa de la cantidad necesaria de un compuesto o sustancia para un proceso específico, asegurando la concentración y proporción adecuadas (Cáceres, 2005).

2.3.4. *Agitación (fenton)*

Agitación combina H_2O_2 y Fe^{2+} , genera radicales $\cdot OH$. Mejora distribución reactivos. Incrementa la degradación de la M.O. Optimiza reacción Fenton, reduce tiempo y reactivos (Jara, 2019).

2.3.5. *Remoción (fenton)*

El proceso Fenton genera radicales $\cdot OH$ reactivos con Fe^{2+}/H_2O_2 que degrada eficazmente compuestos orgánicos persistentes. Su eficiencia depende de la concentración de reactivos, tiempo, temperatura y pH (Medina, 2022).



2.3.6. Reactivo

Es sustancia química que interviene en reacciones, consumiéndose, actuando como catalizador. Puede ser elemento, compuesto o mezcla. Sus propiedades físico-químicas determinan cinética y termodinámica de reacciones (Arroyo, 2019).

2.3.7. Concentración

La concentración cuantifica soluto disperso en disolvente. Relaciona cantidades soluto/disolvente. Es fundamental en procesos químicos, físicos y biológicos, influyendo en actividad química, presión osmótica y equilibrios de fases (Alvarado & Piloso, 2020).

2.3.8. Tiempo

El tiempo es una extensión física que admite ordenar la sucesión de eventos, medir su duración y establecer relaciones de anterioridad, simultaneidad y posterioridad (Delgado, 2019).

2.3.9. Sulfato ferroso

El sulfato ferroso (FeSO_4) es una sal inorgánica compuesta por hierro (II) y el anión sulfato, utilizada como fuente de iones ferrosos en reacciones químicas (Cáceres, 2005).

2.3.10. Peróxido de hidrogeno

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es un compuesto químico incoloro, líquido a temperatura ambiente, utilizado como agente oxidante fuerte en diversos procesos químicos y de tratamiento de aguas (Cáceres, 2005).



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de la investigación

3.1.1. *Diseño de la investigación*

La investigación es de diseño experimental porque manipula deliberadamente la V.I. (proceso Fenton) para registrar su efecto en la V.D. (remoción de M.O). Se controlan factores como las dosis de reactivos y se miden indicadores específicos (DQO, DBO5, pH) antes y después del tratamiento, permitiendo establecer relaciones causa-efecto entre las variables asimiladas.

Según Ñaupas et al., (2013) el estudio experimental implica la manipulación intencional de una o más V.I. bajo condiciones controladas para analizar sus efectos sobre V.D. Esto permite establecer relaciones causales, controlar factores externos y cuantificar los cambios producidos por las intervenciones de una causa que está siendo manipulada (Hernández & Fernández, 2018).



3.1.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada ya que busca resolver un problema práctico: la contaminación por M.O. en efluentes de camales. Se enfoca en evaluar la eficacia del proceso Fenton para reducir la carga orgánica en aguas residuales específicas.

Según Hernández & Fernández (2018) el estudio "aplicado" se caracteriza por su orientación hacia la resolución de problemas concretos en contextos específicos. Este tipo de estudio utiliza conocimientos existentes y los aplica de manera práctica para abordar desafíos reales, generando soluciones innovadoras y mejorando procesos o tecnologías.

3.1.3. Nivel de la investigación

Esta investigación es de nivel explicativo porque va más allá de la mera descripción, buscando establecer la relación causal entre el proceso Fenton y la remoción de materia orgánica en efluentes de camal. Se propone determinar cómo las variables del tratamiento (dosis de reactivos) influyen en la eficacia de la remoción, explicando así los mecanismos subyacentes del proceso y permitiendo predecir los resultados bajo diferentes condiciones operativas.

Según Ñaupas et al., (2013) el estudio "explicativo" se enfoca en descubrir las causas de los fenómenos y los mecanismos que los rigen. Estos buscan responder al "por qué" y "cómo" ocurren ciertos eventos, estableciendo relaciones de causa-efecto entre variables. Su propósito es generar modelos teóricos que expliquen la realidad observada, permitiendo así una comprensión



más profunda de los procesos estudiados y facilitando la predicción de resultados futuros.

3.1.4. Enfoque de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo porque se basa en la medición numérica y el análisis estadístico de variables específicas. Se cuantifican parámetros como la DQO, DBO5, y pH y las dosis de reactivos, utilizando unidades de medida precisas (mg/L, unidades de pH, mL/L, g). El estudio busca determinar relaciones entre variables a través de datos cuantificables, como el porcentaje de remoción de materia orgánica, permitiendo así una evaluación objetiva de la eficacia del proceso Fenton.

Según Hernández & Fernández (2018) el enfoque "cuantitativo" en investigación se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos para probar las hipótesis. Utiliza la medición precisa de variables, el control de condiciones experimentales y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

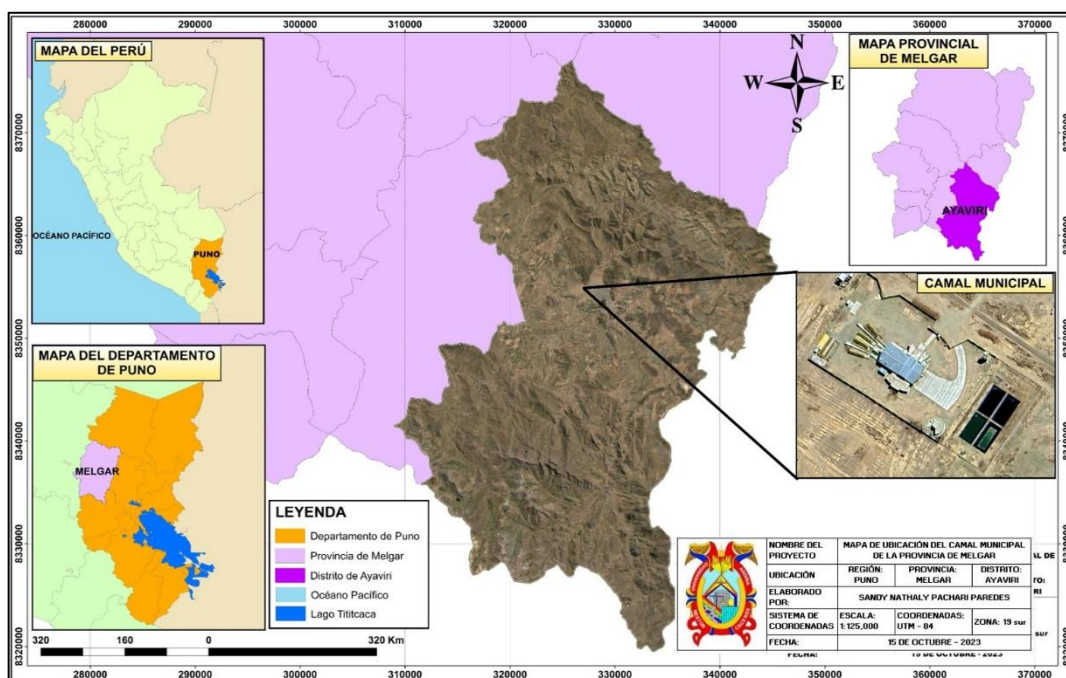
La población en la siguiente investigación comprenderá los efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar.

"La población, también denominada universo en el ámbito de la metodología investigativa, hace alusión a la totalidad de elementos, sean estos animados o inanimados, sobre los cuales el investigador pretende dilucidar

ciertas incógnitas en el transcurso de su pesquisa académica” (Hernández & Fernández, 2018).

Figura 2.

Ubicación del área en estudio



Nota. mapa diseñado en QGIS con sistema UTM WGS84

3.2.2. Muestra

Las muestras en la siguiente investigación fueron obtenidas en los puntos de ingreso y salida tanto de aguas rojas y verdes de la PTAR del camal municipal. Una cantidad total de 60 litros de agua residual, 30L de efluentes rojas y 30L de efluentes verdes. Y para los análisis en laboratorio se consideró 500mL.

“El espécimen representativo (muestra) en una investigación debe constituir un microcosmos fidedigno del macrocosmos objeto de estudio. Su selección tiene como propósito cardinal permitir la extrapolación de inferencias estadísticas válidas acerca del universo del cual deriva” (Hernández & Fernández, 2018).

Para la metodología empleada para la obtención del espécimen en este estudio se circunscribe a la categoría de muestreo no aleatorio, específicamente, se implementó un enfoque de muestreo discrecional, supeditado al criterio y conveniencia del investigador.

Tabla 3.*Ubicación de los puntos de muestreo*

Tipo de agua residual	Código para laboratorio	Zona UTM	Coordenada este	Coordenada norte	hora
AGUAS ROJAS (Ingreso)	AR - I	19S	E: 32 7124.75	N: 8354844.43	7:00 am
AGUAS VERDES (Ingreso)	AV - I	19S	E: 327124.8	N: 8354837.37	11:00 am
AGUAS ROJAS (Salida)	AR - S	19S	E: 32 7103.78	N: 8354769.11	7:30 am
AGUAS VERDES (Salida)	AV - S	19S	E: 327096.15	N: 8354778.44	11:30 am

Nota. coordenadas obtenidas in situ con el sistema UTM WGS84

3.3. Técnicas e instrumentos

3.3.1. Técnicas

Representan los recursos que el investigador utiliza para recabar y documentar información: Formularios, las pruebas, mediciones de actitudes y opiniones (Hernández & Fernández, 2018).

En la siguiente investigación se utilizó las técnicas de:

- Observación
- Técnicas de análisis estandarizadas



- Métodos estadísticos
- Revisión de investigaciones, artículos y libros

3.3.2. Instrumentos

Son los medios para adquirir información los cuales pueden ser diversos, abarcando desde herramientas físicas hasta formatos digitales, empleados con el propósito de recopilar, registrar o preservar datos informativos (Hernández & Fernández, 2018).

En la siguiente investigación se utilizó los instrumentos:

- Ficha de registro de campo; Cadena de custodia
- Norma Técnica Ambiental para el Sector Cárnico de Argentina (resolución 443/03); Guía de monitoreo Ambiental para el Sector Cárnico de Argentina
- Excel, SPSS
- Revistas y repositorios online: Scopus, Scielo, Alicia concytec

3.4. Procedimiento metodológico

3.4.1. Objetivo1: Determinar la cantidad de materia orgánica inicial del efluente residual del camal municipal de Melgar

3.4.1.1. Etapa de campo

En la siguiente tabla se ilustra los parámetros pertenecientes a la materia orgánica, los cuales son analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

Tabla 4.*Parámetros de la materia orgánica evaluados*

N°	Parámetro	Unidad	Método de análisis
1	DQO	mg/L	Standard methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000 Method 5220D Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method 21th ed. 2005
2	DBO ₅	mg/l	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA-AWWA-WEF, Part 5210B: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day Test, 21th ed. 2005
3	pH	Und. pH	Standard methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF Part-4500-H+B. Ph VALUE. Electrometric Method .21th ed. 2005

Nota. analizadas con métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005.

Para el cumplimiento del presente objetivo se realizó los procedimientos indicados a continuación:

a) Localización de la zona de manejo y descarga de efluente residual

Para la toma de muestras de la corriente residual del camal ubicado en la municipalidad de la provincia de Melgar, se realizó el viaje partiendo de la ciudad de Juliaca hacia la ciudad de Ayaviri, con un periodo de 90 minutos. La distancia entre estas dos ciudades es 98 km, esto varía dependiendo de la ruta específica tomada.



Seguidamente, se localizó las instalaciones para tratamiento de efluente residual que tiene el camal municipal de Melgar, el cual cuenta con dos lagunas de estabilización estacionarias.

b) Obtención de muestras del efluente residual

Con el objetivo de adquirir las muestras se tomó en consideración los reglamentos para toma de muestras de la "GUIA DE MONITOREO AMBIENTAL PARA EL SECTOR CÁRNICO DE ARGENTINA" que establece los siguientes pasos para el monitoreo de efluentes líquidos de camales y plantas cárnicas, en donde especifica los siguiente:

- **Identificación del punto de muestreo:** Se establece puntos representativos antes y después del tratamiento de efluentes, se considera dos tipos de efluentes (aguas rojas y aguas verdes).
- **Frecuencia de muestreo:** Se establece cuatro muestreos puntuales según lo requerido en el objetivo.
- **Toma de muestras:** Se recolecto muestras puntuales de los 2 tipos de efluentes residuales (aguas rojas y aguas verdes), para ello se utilizaron jarra de 1000 ml (aguas rojas), jarra de 250 ml (aguas verdes), frascos de plástico (muestra para laboratorio), botellas Winkler y 6 envases de 10 L de polietileno (para el proceso fenton), con su respectivo rotulado y previamente enjuagados con agua destilada y 3 veces con el agua residual. Posteriormente fueron almacenadas en un cooler con una temperatura de 4°C a 6°C.

Figura 3.

Muestreo de efluentes de la PTAR del camal municipal



Nota. Toma de muestra según guía de monitoreo ambiental para el sector cárnico de Argentina”

3.4.1.2. Etapa de laboratorio

a) Parámetros analizados en laboratorio

DQO, DBO5, pH

b) Metodología analítica

Después de realizar la recolección de muestras del efluente, se trasladó al laboratorio de la EPISA, en el cual los parámetros fueron evaluados conforme a las pautas prescritas en los Métodos normalizados APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

c) Análisis en laboratorio de DQO

- Primero: se realizó el calentamiento del digestor a 150°C.
- Segundo: para este parámetro se realizó una dilución, en una probeta de 50 ml se añadió 0.25 ml de las muestras y se completó con aguas



destilada hasta los 50 ml. Después de la probeta se extrajo 2.5 ml de la dilución en los tubos digestores.

- Tercero: una vez obtenido las muestras diluidas en los tubos digestores, primero con una micropipeta se añadió 1.5 ml de solución de digestión ($K_2Cr_2O_2$) y 3.5 ml de ácido sulfúrico ($H_2SO_4Ag_2SO_2$) teniendo un volumen de muestras de 7.5 ml. Luego se cierra los tubos digestores y se agita manualmente con cuidado varias veces para homogenizar los reactivos con las muestras.
- Cuarto: luego se coloca los tubos digestores en el digestor previamente calentados a 150 C° durante 2 horas. Pasando las 2 horas se retira los tubos del bloque de digestión colocándolos en las gradillas y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Quinto: una vez enfriado los tubos de digestión se retira las tapas y se vierte el contenido a un matraz Erlenmeyer de 50 ml. Posteriormente se añadirá 2 gotas ferroina con un gotero de 1 ml y luego se titula hasta que torne a un color claro de azul – verde. Seguidamente con una bureta digital acoplada a un envase con contenido de sulfato de amonio ferroso ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) y agitando el matraz Erlenmeyer hasta que se torne un color rojizo oscuro.

$$DQO \frac{mgO_2}{L} = \frac{(A-B)*M*8000}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde:

A: ml de SAF esgrimido para el blanco.

B: ml de SAF esgrimido para el muestreo.

M: Molaridad del SAF



d) Análisis en laboratorio de DBO5

- Primero: se preparó el agua de dilución saturándola con oxígeno mediante burbujeo y se añadieron los nutrientes necesarios.
- Segundo: se realizó una dilución de la muestra. En una probeta de 1000 ml se añadió 2 ml de la muestra y se completó con agua de dilución hasta la marca.
- Tercero: se llenaron dos botellas Winkler de 300 ml con la muestra diluida, evitando la formación de burbujas. Una de las botellas se utilizó para la determinación del oxígeno disuelto inicial y la otra para la incubación.
- Cuarto: se determinó el oxígeno disuelto inicial en una de las botellas mediante el método Winkler. Para ello, se añadieron 2 ml de solución de sulfato manganeso y 2 ml de reactivo álcali-yoduro-azida. Se tapó la botella y se agitó varias veces.
- Quinto: se dejó sedimentar el precipitado formado y luego se añadieron 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se tapó y se agitó hasta la disolución completa del precipitado.
- Sexto: se tomaron 200 ml de la solución en un matraz Erlenmeyer y se tituló con tiosulfato de sodio 0.025 N hasta un color amarillo pálido. Se añadieron unas gotas de solución de almidón y se continuó la titulación hasta la desaparición del color azul.
- Séptimo: la segunda botella se incubó a 20°C durante 5 días en oscuridad.



- Octavo: transcurridos los 5 días, se determinó el oxígeno disuelto final en la botella incubada siguiendo el mismo procedimiento descrito para el oxígeno inicial.
- Noveno: se calculó la DBO₅ utilizando la siguiente fórmula:

$$DBO_5 = \frac{OD_i - OD_f * FD}{P}$$

Donde:

OD_i : Oxígeno disuelto inicial (mg/L)

OD_f : Oxígeno disuelto final (mg/L)

FD : Factor de dilución

P : Fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada

3.4.2. Objetivo 2: Determinar la dosis óptima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso frentón para la remoción de materia orgánica del efluente residual

3.4.2.1. Etapa de gabinete

Para la consecución de los propósitos delineados en este estudio, se evaluaron ocho diferentes concentraciones de sulfato ferroso, junto con dos variantes de nivel de (H₂O₂), todas destinadas a la reducción eficaz de los componentes orgánicos presente en el efluente. La metodología aplicada y las características específicas de cada tratamiento experimental se detallan exhaustivamente en la Tabla 5, proporcionando así un marco comprensivo para la explicación de los resultados recolectados y su posterior análisis

Tabla 5.*Dosis de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en aguas rojas.*

Efluente	N° Tratamiento	Código para laboratorio	Sulfato ferroso al 99% ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Gramos)	Peróxido de hidrogeno H_2O_2 (ml)
AGUAS ROJAS	01	AR – T1	0.3	1 ml
	02	AR - T2	0.5	1 ml
	03	AR - T3	0.7	1 ml
	04	AR - T4	0.9	1 ml
	05	AR – T1R	0.3	1 ml
	06	AR – T2R	0.5	1 ml
	07	AR – T3R	0.7	1 ml
	08	AR – T4R	0.9	1 ml

Nota. "AR-T" tratamiento de aguas rojas; "AR – TR" aguas rojas tratamiento replica

A continuación, se ilustra la tabla de dosis recomendada para el sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno para las aguas verdes proporcionando una guía práctica para los respectivos tratamientos.

Tabla 6.*Dosis de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en aguas verdes*

Efluente	N° Tratamiento	Código para laboratorio	Sulfato ferroso al 99% ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Gramos)	Peróxido de hidrogeno H_2O_2 (ml)
AGUAS VERDES	01	AV - T1	0.03	0.5 ml
	02	AV – T2	0.05	0.5 ml
	03	AV – T3	0.07	0.5 ml
	04	AV - T4	0.1	0.5 ml
	05	AV – T1R	0.03	0.5 ml
	06	AV – T2R	0.05	0.5 ml
	07	AV – T3R	0.07	0.5 ml
	08	AV – T4R	0.1	0.5 ml

Nota. "AR-T" tratamiento de aguas rojas; "AR – TR" aguas rojas tratamiento replica

3.4.2.2. Etapa de laboratorio

Descripción del proceso Fenton realizado en el laboratorio

a) Filtrado pre-tratamiento

Antes de tratar las aguas residuales verdes y rojas mediante el proceso Fenton se realiza la filtración de estos efluentes, con el fin de evitar materiales indeseables (pelos, piel, viseras, restos de alimento y arena o tierra) para tener mejor eficacia del proceso.

b) Regulación del potencial de hidrogeno

Se procede a medir 1000 ml de las muestras en vasos precipitados de 2000 ml para realizar la regulación de pH a valores de 2.5 – 3 (medio ácido) aplicando ácido sulfúrico (H_2SO_4) en forma de gota a gota mediante una pipeta graduada de 10 ml y a través de una vagueta de vidrio se hace una agitación para homogenización controlando el pH mediante un multiparámetro portátil hasta alcanzar el pH requerido.

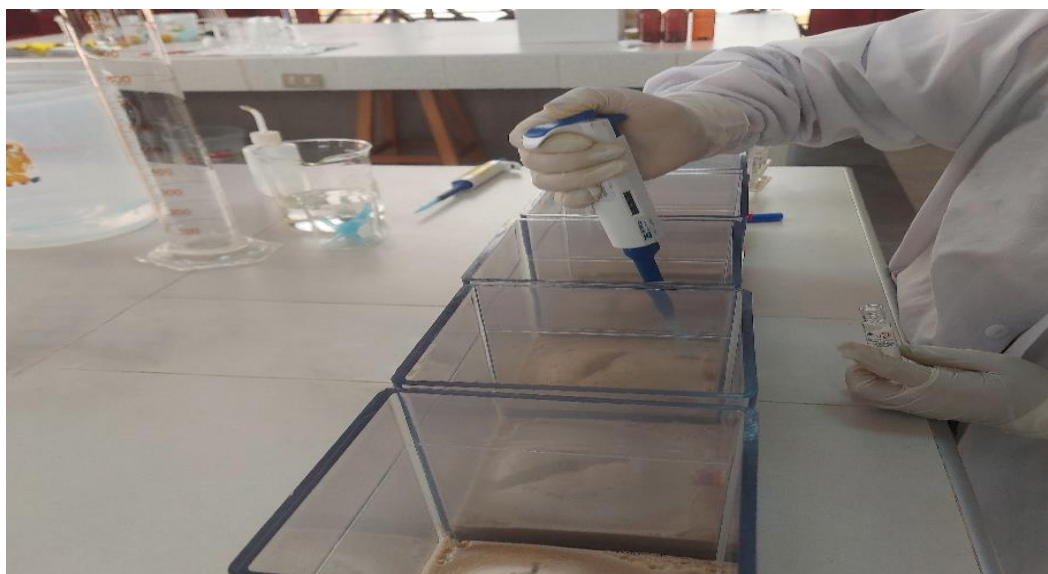
c) Prueba de jarras y sedimentación

Una vez acidificadas las muestras se realiza 8 tratamientos con una repetición, para lo cual, se añade en 500 ml de las muestras acidificadas en el test de jarras. Ya en la prueba de jarras se realiza una homogenización a 100 Revoluciones por minuto durante 3 minutos, pasando los 3 minutos se añadió sulfato ferroso al 99% ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) con una agitación rápida de 100 RPM durante 10 minutos, con el fin de que pueda disolverse el sulfato ferroso, ya que se encuentra en un estado sólido, posteriormente se añadió peróxido de hidrogeno con una micropipeta de 1000 μ ml dejándolo 5 minutos en agitación rápida de 100 RPM, posteriormente se regulo la agitación lenta a

50 RPM durante 30 minutos. Después del tratamiento se dejó sedimentar las muestras durante 30 minutos. Finalmente, de las muestras sedimentadas se tomó muestras con una micropipeta de 1000 μ ml en tubos digestores de 10 ml para su posterior determinación de DQO y DBO5.

Figura 4.

Prueba de jarras y sedimentación



Nota. tratamiento de aguas rojas y verdes en laboratorio

3.4.3. Objetivo 3: determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton

3.4.3.1. Etapa de laboratorio

A. Análisis de la demanda química de oxígeno

- primero: se realizó el calentamiento del digestor a 150°C.
- segundo: para este parámetro se realizó una dilución, en una probeta de 50 ml se añadió 0.25 ml de las muestras tratadas y se completó con



aguas destilada hasta los 50 ml. Después de la probeta se extrajo 2.5 ml de la dilución en los tubos digestores.

- Tercero: una vez obtenido las muestras diluidas en los tubos digestores, primero con una micropipeta se añadió 1.5 ml de solución de digestión ($K_2Cr_2O_2$) y 3.5 ml de ácido sulfúrico ($H_2SO_4Ag_2SO_2$) teniendo un volumen de muestras de 7.5 ml. Luego se cierra los tubos digestores y se agita manualmente con cuidado varias veces para homogenizar los reactivos con las muestras.
- Cuarto: Luego se coloca los tubos digestores en el digestor previamente calentados a 150 C° durante 2 horas. Pasando las 2 horas se retira los tubos del bloque de digestión colocándolos en las gradillas y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Quinto: Una vez enfriado los tubos de digestión se retira las tapas y se vierte el contenido a un matraz Erlenmeyer de 50 ml. Posteriormente se añadirá 2 gotas ferroina con un gotero de 1 ml y luego se agita tornándose a un color claro de azul – verde. Seguidamente con una bureta digital acoplada a un envase con contenido de sulfato de amonio ferroso ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) y agitando el matraz Erlenmeyer hasta que se torne un color rojizo oscuro.

$$DQO \frac{mgO_2}{L} = \frac{(A-B)*M*8000}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde:

A: ml de SAF esgrimido para el blanco.

B: ml de SAF esgrimido para el muestreo.

M: Molaridad del SAF



B. Análisis en laboratorio de DBO5

- Primero: se preparó el agua de dilución saturándola con oxígeno mediante burbujeo y se añadieron los nutrientes necesarios.
- Segundo: se realizó una dilución de la muestra. En una probeta de 1000 ml se añadió 2 ml de la muestra tratada y se completó con agua de dilución hasta la marca.
- Tercero: se llenaron dos botellas Winkler de 300 ml con la muestra diluida, evitando la formación de burbujas. Una de las botellas se utilizó para la determinación del oxígeno disuelto inicial y la otra para la incubación.
- Cuarto: se determinó el oxígeno disuelto inicial en una de las botellas mediante el método Winkler. Para ello, se añadieron 2 ml de solución de sulfato manganoso y 2 ml de reactivo álcali-yoduro-azida. Se tapó la botella y se agitó varias veces.
- Quinto: se dejó sedimentar el precipitado formado y luego se añadieron 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se tapó y se agitó hasta la disolución completa del precipitado.
- Sexto: se tomaron 200 ml de la solución en un matraz Erlenmeyer y se tituló con tiosulfato de sodio 0.025 N hasta un color amarillo pálido. Se añadieron unas gotas de solución de almidón y se continuó la titulación hasta la desaparición del color azul.
- Séptimo: la segunda botella se incubó a 20°C durante 5 días en oscuridad.

- Octavo: transcurridos los 5 días, se determinó el oxígeno disuelto final en la botella incubada siguiendo el mismo procedimiento descrito para el oxígeno inicial.
- Noveno: se calculó la DBO₅ utilizando la siguiente fórmula:

$$DBO_5 = \frac{OD_i - OD_f * FD}{P}$$

Donde:

OD_i : Oxígeno disuelto inicial (mg/L)

OD_f : Oxígeno disuelto final (mg/L)

FD : Factor de dilución

P : Fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada

Figura 5.

Análisis de la demanda química de oxígeno



Nota. procedimiento APHA-AWWA-WEF-5210 B, ED. 21 TH.2005 para DQO



C. Porcentaje de remoción

Para determinar el porcentaje de degradación de los componentes orgánicos de las aguas residuales rojas y verdes del camal ubicado en la municipal de Melgar a través del proceso Fenton, se utilizan los valores registrados en el informe de los resultados de laboratorio, reemplazándolos en la siguiente ecuación:

$$\% = \left(\frac{A_{c.i} - A_{c.f}}{A_{c.i}} \right) * 100$$

Donde:

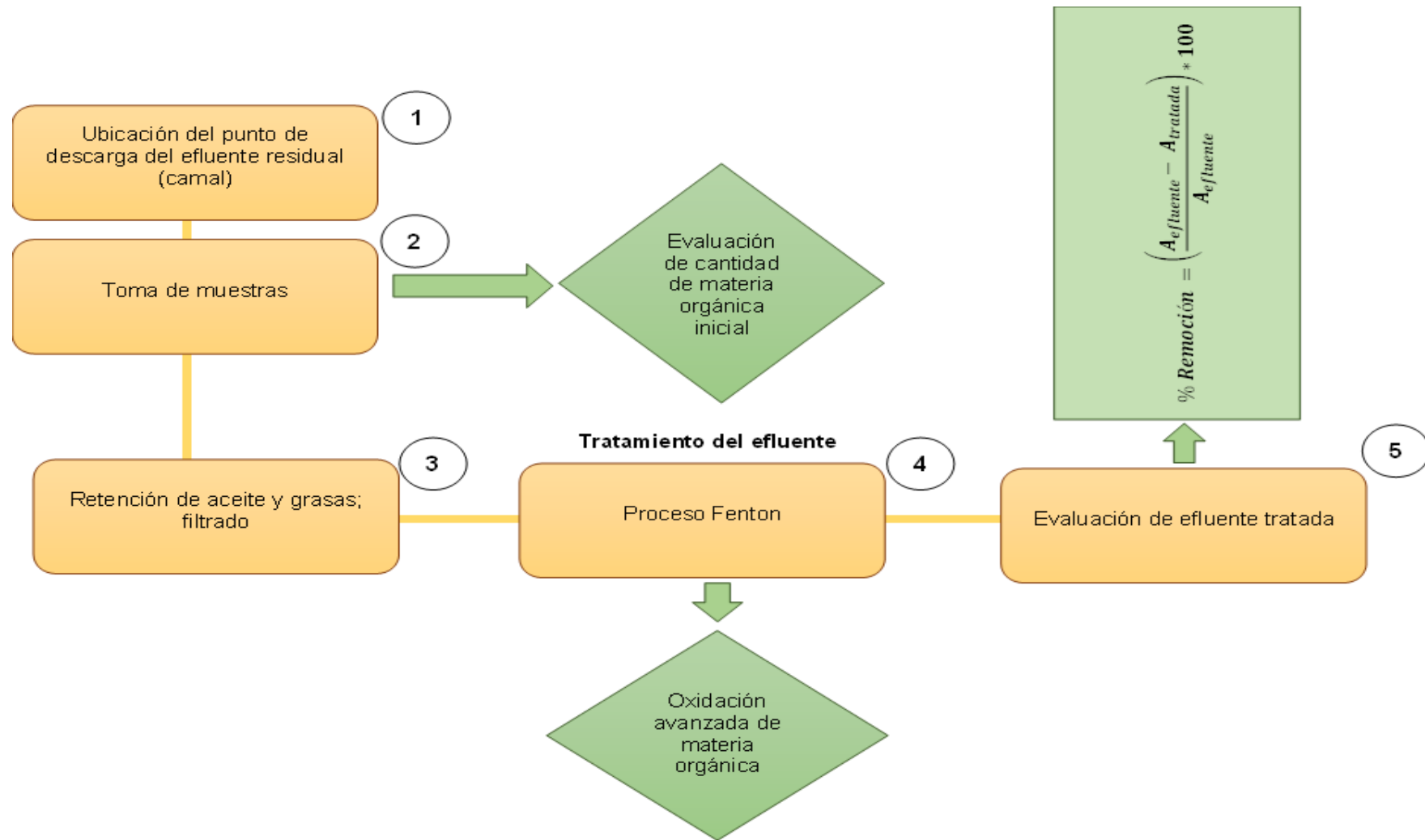
% : Porcentaje de remoción

$A_{c.i}$: Agua residual inicial (camal)

$A_{c.f}$: Agua residual tratada (fenton)

Figura 6.

Esquema del procedimiento metodológico





3.5. Materiales y equipos

Los materiales utilizados para el presente proyecto fueron los siguientes.

Materiales y equipos

- Bureta digital BRAND Titrette 50ml
- Matraz Erlenmeyer de 50 ml
- Digestor ROCKER
- Tubos digestores de 10 ml HACH
- Gradillas de acero (AES-AE018A)
- Micropipetas de 100 – 1000 μ ml BOECO
- Puntas para micropipeta
- Plumón indeleble (FABER CASTELL)
- Frasco de PVC 500 ml, para DQO
- Botellas Winkler de 300 ml, para DBO5
- Balanza digital 22 ADAM
- Pizeta de agua destilada de 500 ml
- Test de jarras PHIPPS & BIRD (incluye 6 jarras cuadradas).
- Probeta de 1000 ml WITEG GERMANY DIFFICO DURAN
- Probeta de 500 ml LBT GERMANY
- vasos precipitados de 100 ml KIMAX
- Espátulas (VWR, acero inoxidable, doble extremo)
- Varillas de agitación (Fisher Scientific, vidrio sólido, 250 mm)
- Cronómetro (Casio, digital, precisión 1/100 seg)
- Termómetro (Fisherbrand, rango -20 a 110°C, precisión $\pm 1^\circ\text{C}$)
- Pizetas (Nalgene, polietileno, 500 mL, boquilla curva)



Reactivos

- sulfato de amonio ferroso ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- solución de digestión ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- ácido sulfúrico (H_2SO_4 AG2SO2)
- Indicador (FERROINA) 1,10 – fenantrolina)
- sulfato de amonio ferroso concentración de 0.10M
 $(\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$
- Agua destilada: ultrapura tipo I
- Sulfato manganeso (MnSO_4)
- Alkali-yoduro-azida
- Tiofulfato ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- Solución de almidón

Epps

- Mascarilla descartable
- Bata de laboratorio (Kimberly-Clark, algodón 100%, cierre frontal)
- Guantes de nitrilo (Microflex, sin polvo, resistentes a químicos, talla M)
- Gafas de seguridad (3M Virtua, policarbonato, anti-empañamiento)
- Mascarilla (3M 6200, media cara, con filtros 6003 para vapores orgánicos)
- Zapatos (Skechers for Work, cuero, punta de acero, antideslizantes)
- Pantalla facial (Honeywell Bionic, policarbonato, cobertura completa)
- Delantal (DuPont Tychem, resistente a ácidos y solventes)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1. Cantidad de materia orgánica inicial del efluente residual del camal municipal de Melgar

Los resultados obtenidos de la evaluación de la concentración inicial de materia orgánica presentes en las aguas residuales, tanto rojas como verdes, revelan hallazgos de gran relevancia que brindan soporte sustancial a la hipótesis previamente planteada en este estudio.

Tabla 7.

Contenido de materia orgánica en el efluente del camal municipal

N°	Parámetro	Unid.	AR – I	AR – S	AV – I	AV – S	LMP (Perú)	LMP (Argentina)
1	DQO	mg/l	4320	2840	6880	4586	500	375
2	DBO ₅	mg/l	1832	885	1781	976	250	300
3	pH	U. pH	6.59	6.27	6.46	6.15	6 - 9	6.5-8.5
4	T	°C	15.3	16.4	15.7	16.8	-	<45

Nota. "AR-I" agua roja ingreso; "AR-S" agua roja salida; "AV-I" aguas verdes ingreso; "AV-S" aguas verdes salida

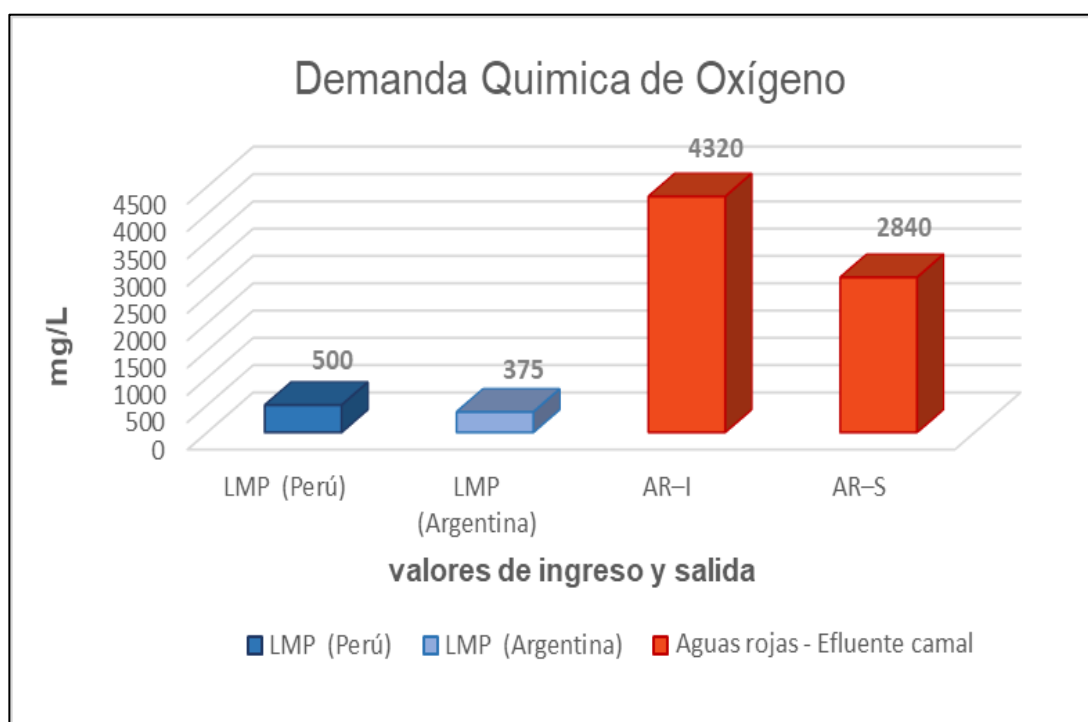
La tabla 7 muestra el contenido de M.O. en el efluente del camal municipal, los valores obtenidos para DBO5 (885-976 mg/l) y DQO (2840-4586 mg/l) en todos los puntos exceden los LMP establecidos en Perú (250 mg/l para DBO5 y 500 mg/l para DQO) y Argentina (300 mg/l para DBO5 y 375 mg/l para DQO), lo que indica una elevada carga orgánica en el efluente. En cuanto al pH, los valores oscilan entre 6.27 y 6.15, cumpliendo con los rangos permisibles. La temperatura se mantiene en valores bajos (16.4-16.8 °C).

a) Cantidad de materia orgánica en efluentes residuales rojas

A continuación, se expone una detallada descripción de los valores correspondientes a la DQO y DBO5, así como del potencial de hidrógeno (pH), hallados en el efluente residual rojo procedente del camal.

Figura 7.

Concentración de DQO ingreso y salida de aguas rojas

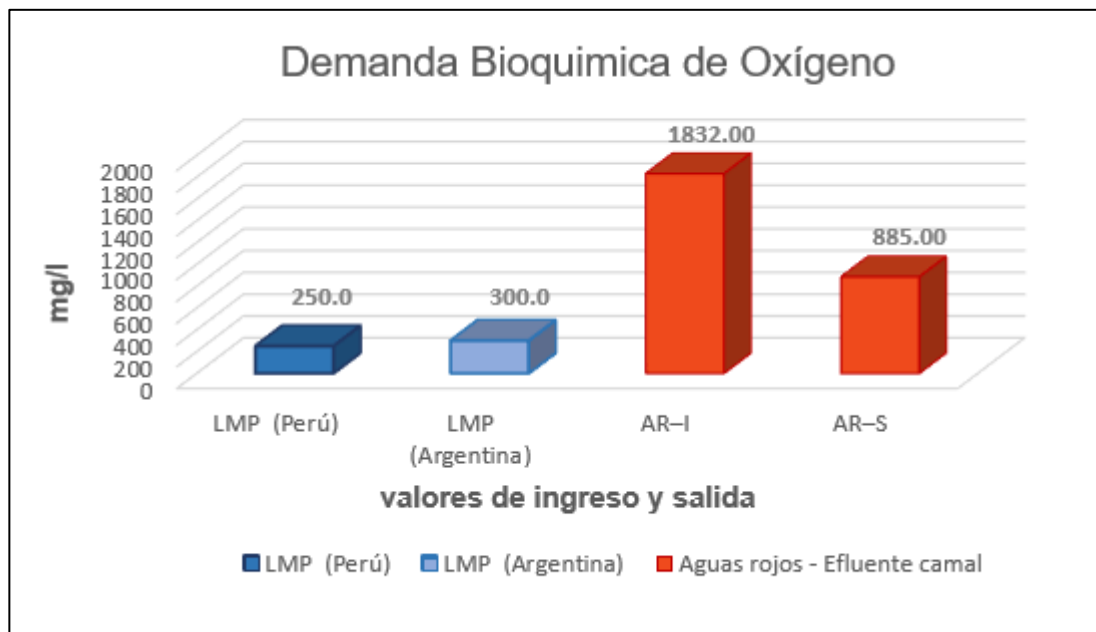




En la figura 7, se presenta meticulosamente la concentración de DQO observada tanto en el afluente como en el efluente de las aguas rojas procedentes del camal, registrando concentraciones de 4320 mg/L y 2840 mg/L en el ingreso y la salida del PTAR, respectivamente. La medición de salida excede los límites máximos establecidos por las normativas vigentes, indicando una preocupante sobrecarga contaminante. El alto contenido de DQO en las aguas residuales rojas de ingreso se debe a la evidencia de una gran cantidad de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, como sangre, grasa, proteínas y tejidos animales. Asimismo, la concentración considerable de DQO en las aguas rojas de salida se debe a que el sistema de tratamiento de aguas residuales del camal municipal presenta deficiencias, por ejemplo, no cuentan con una adecuada trampa de sólidos suspendidos totales, aceites y grasas antes del ingreso a la laguna de estabilización, lo que provoca que se sobrecargue la materia orgánica en la laguna. Si estas aguas fueran descargadas hacia el río Ayaviri, sería perjudicial, ya que el consumo elevado de oxígeno por parte de la M.O. reduciría la cantidad disponible para la fauna acuática, lo que puede conducir a condiciones hipóxicas o anóxicas. Esto afectaría la supervivencia de peces y otros organismos acuáticos, alteraría las cadenas alimenticias y podría provocar la eutrofización.

Figura 8.

Concentración de DBO5 ingreso y salida de aguas rojas



Nota. "AR-I" agua roja ingreso; "AR-S" agua roja salida

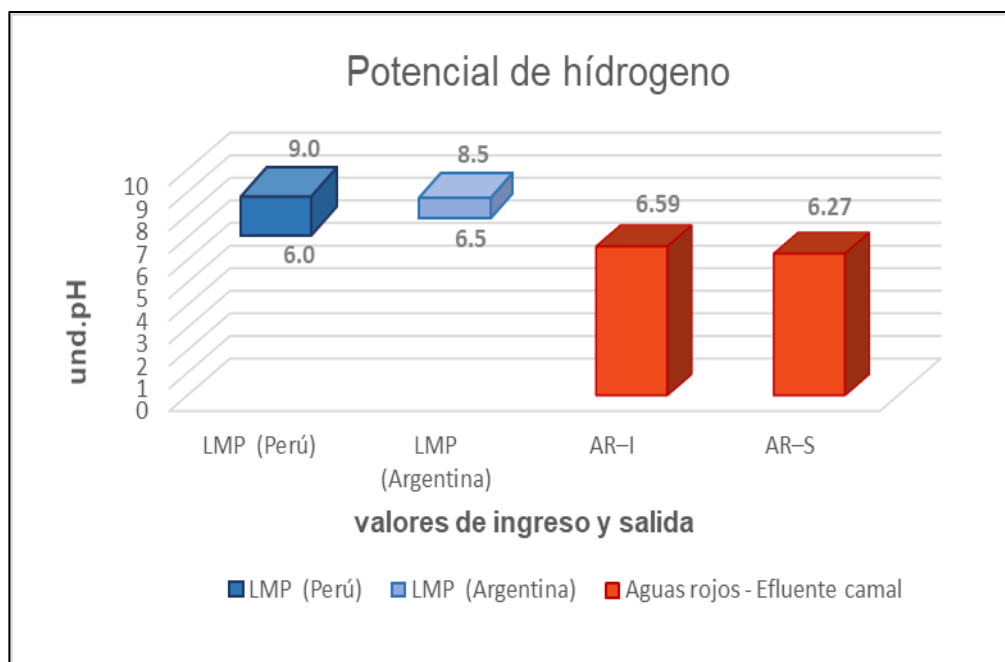
La figura 8 muestra los valores de DBO5 medidos en las aguas rojas del camal municipal. Se observa una proporción cuantificada de 1832 mg/L en el ingreso (AR-I) y 885 mg/L en la salida (AR-S) del PTAR. Siendo el valor de salida que supera los LMP establecidos tanto en Perú como en Argentina, lo cual refleja una problemática.

El alto contenido de DBO5 en efluentes rojas de ingreso se atribuye principalmente a la elevada carga de M.O. biodegradable presente en los efluentes residuales del camal, incluyendo sangre, restos de tejidos animales y otros residuos orgánicos fácilmente degradables por microorganismos. La persistencia de una concentración considerable de DBO5 en estas aguas sugiere que el sistema de tratamiento de aguas residuales del camal municipal ostenta carencias significativas. Que son atribuidos a la falta de un

pretratamiento adecuado, como una trampa eficiente de sólidos suspendidos, aceites y grasas, antes del ingreso a la laguna de estabilización. Esta situación provoca una sobrecarga de M.O. biodegradable en el sistema de tratamiento, superando su capacidad de depuración. La posible descarga de estas aguas con altos niveles de DBO5 en cuerpos de agua naturales, como el río Ayaviri, tendría consecuencias graves para el ecosistema acuático. Los microorganismos que degradan esta materia orgánica consumirían rápidamente el oxígeno disuelto en el agua, llevando a condiciones de hipoxia o anoxia. Esto afectaría directamente la supervivencia de la fauna acuática, alteraría las cadenas tróficas y podría conducir a procesos de eutrofización, comprometiendo seriamente la calidad del agua y la salud del ecosistema en general.

Figura 9.

Índice de cantidad de pH ingreso y salida de aguas rojas



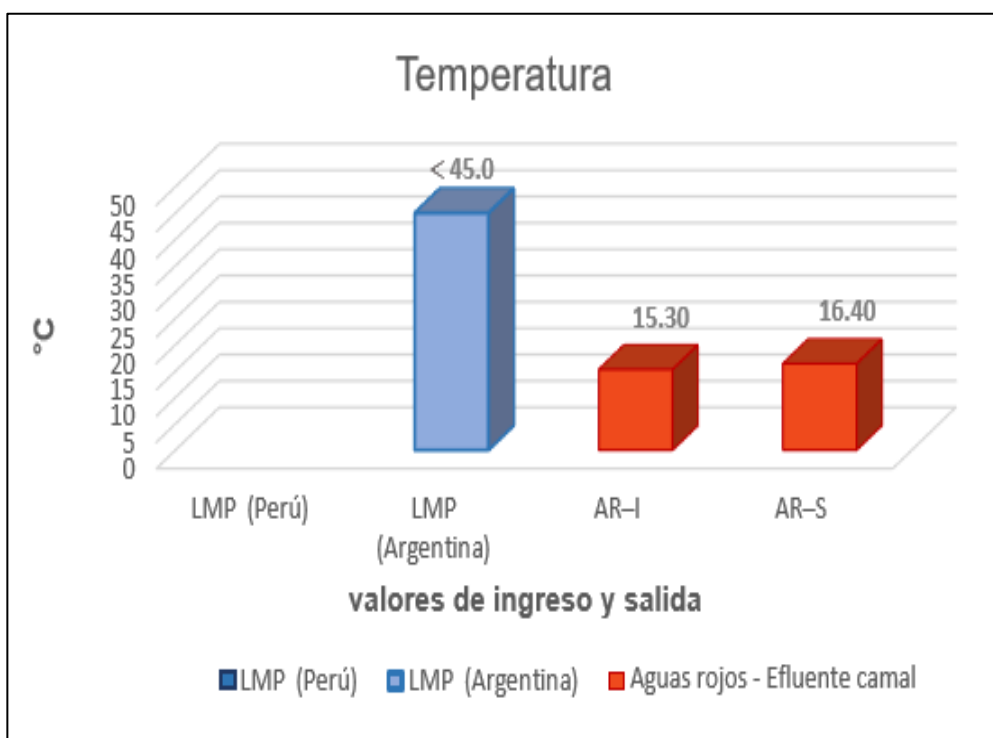
Nota. "AR-I" aguas rojas ingreso; "AR-S" aguas rojas salida

En la figura 9, se ilustra detalladamente la variabilidad del potencial de hidrógeno (pH) en las aguas rojas tanto en el afluente como en el efluente del camal, con mediciones de 6.59pH y 6.27pH respectivamente.

La variación del pH en las aguas rojas de los efluentes del camal municipal se debe principalmente a la presencia de fluidos como sangre y otros componentes orgánicos que se liberan durante el proceso de sacrificio y despiece de los animales. La sangre tiene un pH naturalmente ligeramente alcalino, pero cuando se mezcla con agua y otros residuos orgánicos e inorgánicos presentes en el ambiente del camal, experimenta cambios que a menudo son ácidos o básicos.

Figura 10.

Variación de la temperatura de ingreso y salida de aguas rojas



Nota. "AR-I" aguas rojas ingreso; "AR-S" aguas rojas salida

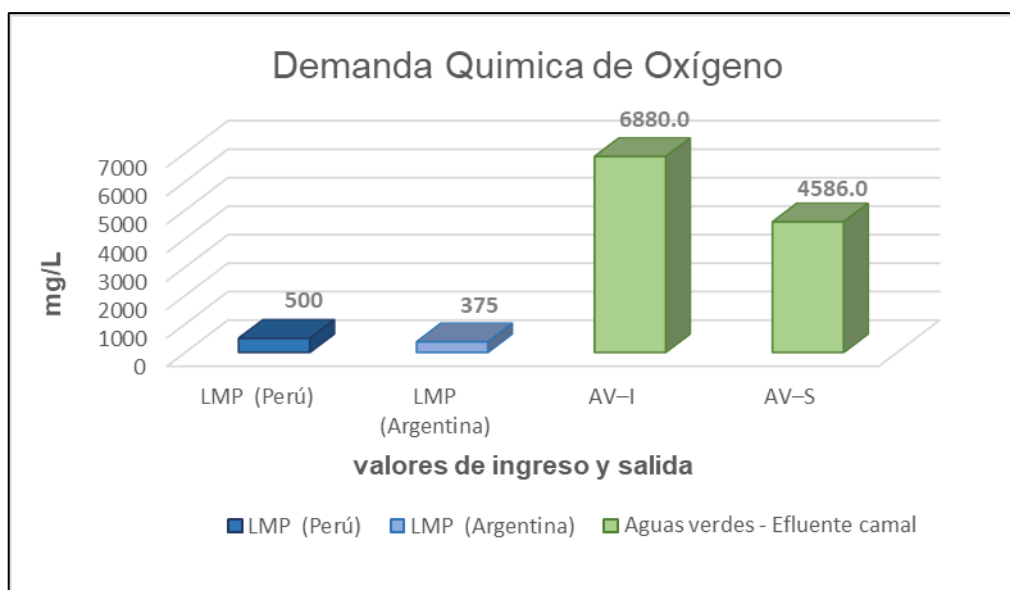
La figura 10 muestra las temperaturas de las aguas rojas del camal municipal, con 15.3°C en el ingreso (AR-I) y 16.4°C en la salida (AR-S), cumpliendo con el LMP de Argentina (<45°C) y sin un LMP específico en Perú. Este ligero aumento de 1.1°C puede atribuirse a la actividad microbiana durante la degradación de M.O., asimismo, a la exposición solar en la laguna abierta. Es crucial que en la T° se mantenga un equilibrio, ya que temperaturas significativamente más altas podrían reducir la solubilidad del oxígeno y alterar la actividad microbiana, mientras que temperaturas muy bajas podrían relentizar la degradación. Aunque los valores actuales no representan un problema inmediato.

b) Cantidad de materia orgánica en efluentes residuales verdes

Se presenta una minuciosa descripción de los valores asociados en el efluente residual verde emanado del camal.

Figura 11.

Concentración de DQO ingreso y salida de aguas verdes



Nota. "AV-I" aguas verdes ingreso; "AV-S" aguas verdes salida

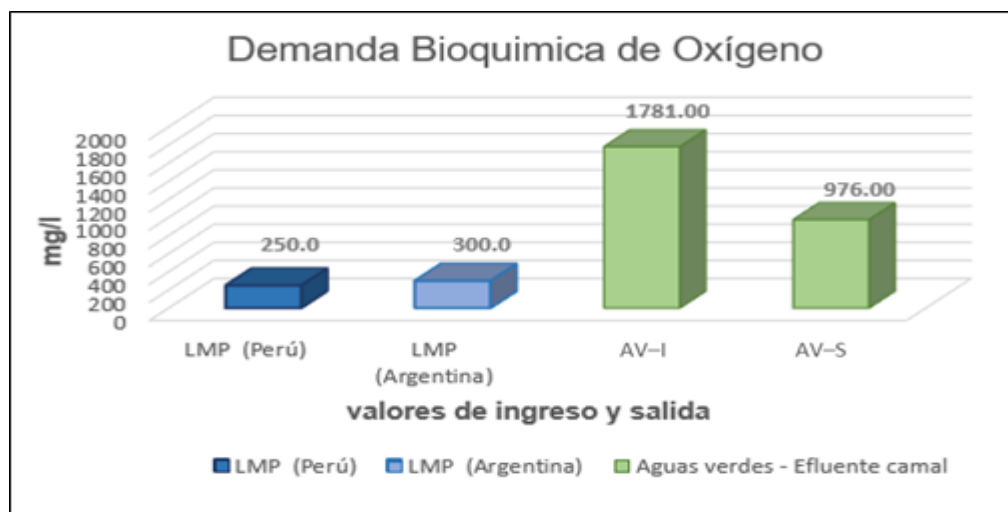


En la Figura 11, se muestra de manera detallada la concentración de la DQO en las aguas verdes del afluente del camal, registrando valores de 6880 mg/L en el ingreso a la PTAR y 4586 mg/L a la salida del PTAR, respectivamente. Siendo la última medición la que excede los LMP.

El alto contenido de DQO en las aguas residuales verdes de ingreso se debe a la presencia de residuos de grasa, pequeños tejidos, detergentes y desinfectantes utilizados en los procesos de limpieza, que provienen principalmente del baldeo de pisos, equipos y superficies donde se ha realizado el procesamiento del ganado. Asimismo, la considerable concentración de DQO en las aguas verdes de salida se debe a un desborde de los canales que conducen aguas residuales rojas, alterando la carga orgánica de las aguas residuales verdes. Este desborde ocurre por el elevado caudal de efluentes en los días donde se realiza mayor faenado, que son los miércoles y domingos. Si estas aguas fueran descargadas hacia el río Ayaviri, reduciría los niveles de oxígeno disponible para los organismos acuáticos, provocando situaciones de estrés y mortalidad en la fauna local. Asimismo, los compuestos químicos pueden tener efectos tóxicos directos sobre la vida acuática y alterar el equilibrio natural de los ecosistemas receptores.

Figura 12.

Concentración de DBO5 ingreso y salida de aguas verdes



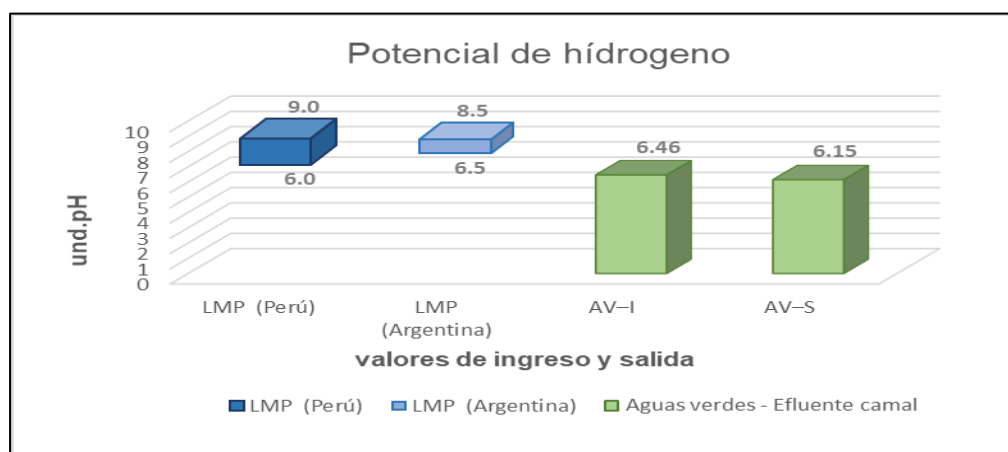
Nota. "AV-I" aguas verdes ingreso; "AV-S" aguas verdes salida

La figura 12 presenta los valores de DBO5 en las aguas verdes, con 1781 mg/L en el ingreso (AV-I) y 976 mg/L en la salida (AV-S), siendo este último valor que excede los límites máximos permisibles. Estos altos niveles de DBO5 reflejan la significativa presencia de M.O. biodegradable en las aguas verdes, característica de los efluentes provenientes de áreas de recepción de animales y lavado. A diferencia de las aguas rojas, la DBO5 de las aguas verdes es ligeramente menor en el ingreso, lo que se alinea con su composición típica de estiércol, orina y restos vegetales, que son más fácilmente biodegradables que los componentes de las aguas rojas. La reducción observada en la salida indica cierta eficacia del tratamiento biológico, pero aún es insuficiente para cumplir con las normas. En caso de ser vertidas al río Ayaviri, estas aguas con alta DBO5 causarían una rápida proliferación de microorganismos que consumirían el oxígeno disuelto, creando condiciones anóxicas que afectarían gravemente la vida acuática. Además, el exceso de nutrientes podría provocar la eutrofización

del río, alterando su equilibrio ecológico y afectando su capacidad de autodepuración.

Figura 13.

Índice de cantidad de pH ingreso y salida de aguas verdes

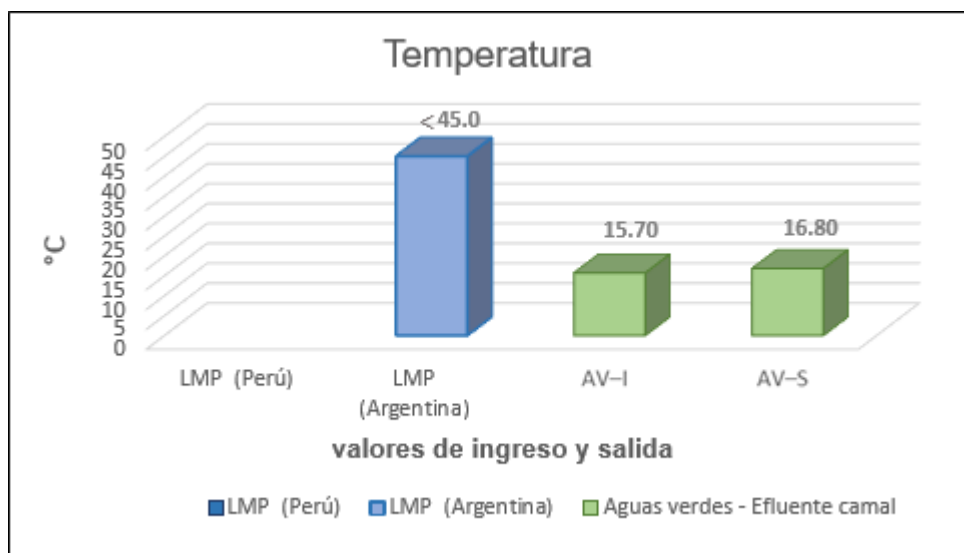


Nota. "AV-I" aguas verdes ingreso; "AV-S" aguas verdes salida

En la figura 13, se expone la fluctuación del pH en las aguas verdes, tanto en el punto de entrada como de salida de la PTAR del camal, con valores registrados de 6.46 y 6.15, respectivamente. Dichas cifras se encuentran por fuera de los límites aceptables de Argentina, indicando una desviación de los criterios ambientales previamente establecido. La variación del pH en las aguas verdes de los efluentes del camal municipal se debe generalmente a la combinación de residuos orgánicos y los agentes de limpieza utilizados durante el proceso de higienización de las instalaciones. Los desinfectantes y detergentes comúnmente empleados en el camal tienen propiedades alcalinas o ácidas fuertes que alteran significativamente el pH del agua. Cuando estos productos químicos se mezclan con residuos orgánicos como grasas y proteínas, el proceso de descomposición de estos materiales puede liberar ácidos orgánicos que hacen que el pH esté por debajo de 7.5.

Figura 14.

Variación de la T en ingreso y salida de aguas verdes



Nota. "AV-I" aguas verdes ingreso; "AV-S" aguas verdes salida

La figura 14 muestra las temperaturas de las aguas verdes del camal municipal, registrando 15.7°C en el ingreso (AV-I) y 16.8°C en la salida (AV-S), cumpliendo con el límite máximo permisible de Argentina (<45°C). El ligero aumento de 1.1°C es similar al observado en las aguas rojas, y puede atribuirse a la actividad microbiana durante la degradación de la M.O. en las lagunas de tratamiento, así como a la exposición solar. Las temperaturas de las aguas verdes son ligeramente superiores a las de las aguas rojas, lo que podría explicarse por la mayor actividad microbiana asociada con la descomposición del estiércol y otros materiales orgánicos presentes en estas aguas. Aunque estos valores no representan un problema inmediato para el tratamiento, es importante mantener un monitoreo constante, ya que temperaturas significativamente más altas podrían afectar negativamente la disposición de oxígeno.

4.1.2. Dosis óptima de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno en el proceso Fenton para la remoción de materia orgánica

A continuación, se presentan los resultados derivados de la aplicación de ocho tratamientos experimentales, los cuales variaron en dosis de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno, aplicados a las aguas residuales rojas y verdes.

Tabla 8.

Dosis óptima para la remoción de materia orgánica en aguas rojas

Código	Cantidad	($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	(H_2O_2)	DQO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	pH
AR – T1	500 ml	0.3gr	1 ml	1201.0	394.5	4.98
AR – T2	500 ml	0.5gr	1 ml	822.7	321.6	4.54
AR – T3	500 ml	0.7gr	1 ml	358.0	314.2	4.10
AR – T4	500 ml	0.9gr	1 ml	476.6	317.0	3.96
AR – RT1	500 ml	0.3gr	1 ml	1121.0	389.7	4.11
AR – RT2	500 ml	0.5gr	1 ml	766.7	320.7	4.67
AR – RT3	500 ml	0.7gr	1 ml	444.0	310.4	4.35
AR – RT4	500 ml	0.9gr	1 ml	440.0	315.7	4.01

Nota. " $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ " sulfato de ferroso; " H_2O_2 " peróxido de hidrógeno;

La tabla 8 presenta los resultados de la dosis óptima para la remoción de M.O. en aguas rojas utilizando el proceso Fenton. Se evaluaron cuatro tratamientos y una repetición (AR-T1 a AR-RT4) con una cantidad constante de 500 ml de muestra, variando las dosis de sulfato de ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) de 0.3 g a 0.9 g, y de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) a 1 ml en todos los casos. Los resultados muestran una disminución significativa en la (DQO) desde un valor inicial de 1201.0 mg/l en el tratamiento AR-T1 hasta un mínimo de 358.0 mg/l en

AR-T3, mientras que la DBO5 disminuyó de un valor inicial de 394.5 mg/l en el tratamiento AR-T1 hasta un mínimo de 314.2 mg/l en AR-T3, con el pH ajustado entre 4.91 y 4.54. Estos datos indican que el aumento en la dosis de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, específicamente a 0.7 g (AR-T3), optimiza la remoción de M.O., evidenciando la eficacia del proceso Fenton bajo estas condiciones experimentales.

A continuación, se muestra la remoción de M.O. para las aguas verdes.

Tabla 9.

Dosis óptima para la remoción de M.O. en aguas verdes

Código	Cantidad	($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	(H_2O_2)	DQO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	pH
AV – T1	500 ml	0.03gr	0.5 ml	1014.9	384.0	2.44
AV – T2	500 ml	0.05gr	0.5 ml	636.4	324.6	2.54
AV – T3	500 ml	0.07gr	0.5 ml	427.1	220.9	2.54
AV – T4	500 ml	0.1gr	0.5 ml	557.7	227.6	2.47
AV – RT1	500 ml	0.03gr	0.5 ml	947.3	386.2	2.54
AV – RT2	500 ml	0.05gr	0.5 ml	581.6	320.7	2.65
AV – RT3	500 ml	0.07gr	0.5 ml	349.9	217.4	2.57
AV – RT4	500 ml	0.1gr	0.5 ml	524.9	224.1	2.49

Nota. " $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ " sulfato de ferroso; " H_2O_2 " peróxido de hidrógeno; "AV" aguas verdes

La tabla 9 muestra los resultados de la dosis óptima para la remoción de M.O. en aguas verdes utilizando el proceso Fenton. Se realizaron cuatro tratamientos y una repetición (AV-T1 a AV-RT4) manteniendo una cantidad constante de 500 ml de muestra, variando las dosis de sulfato de ferroso

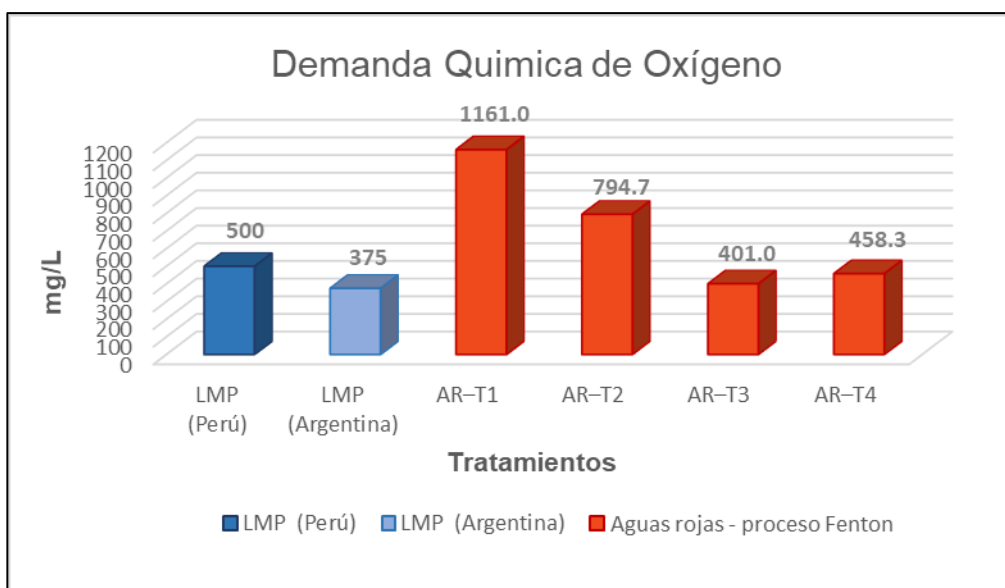
(FeSO₄·7H₂O) entre 0.03 g y 0.1 g, y de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a 0.5 ml en todos los ensayos. Los resultados revelan una depreciación significativa de la DQO, desde un valor inicial de 1014.9 mg/l en el tratamiento AV-T1 hasta un mínimo de 427.1 mg/l en AV-T3, mientras que la DBO₅ disminuyó de un valor inicial de 384.0 mg/l en el tratamiento AV-T1 hasta un mínimo de 220.9 mg/l en AV-T3 con valores de pH que oscilan entre 2.44 y 2.65. Estos resultados sugieren que la dosis óptima de FeSO₄·7H₂O es de 0.07g (AV-T3), lo que maximiza la eficiencia en la remoción de M.O., destacando la efectividad del P.F. bajo las condiciones experimentales aplicadas a las aguas verdes.

a) Remoción de materia orgánica de aguas residuales rojas

Se expone el comportamiento de la DQO, DBO₅, así como del potencial de hidrógeno (pH) en los 4 tratamientos propuestos para el efluente residual rojo procedente del camal.

Figura 15.

Comportamiento de la DQO en relación a las dosis – aguas rojas



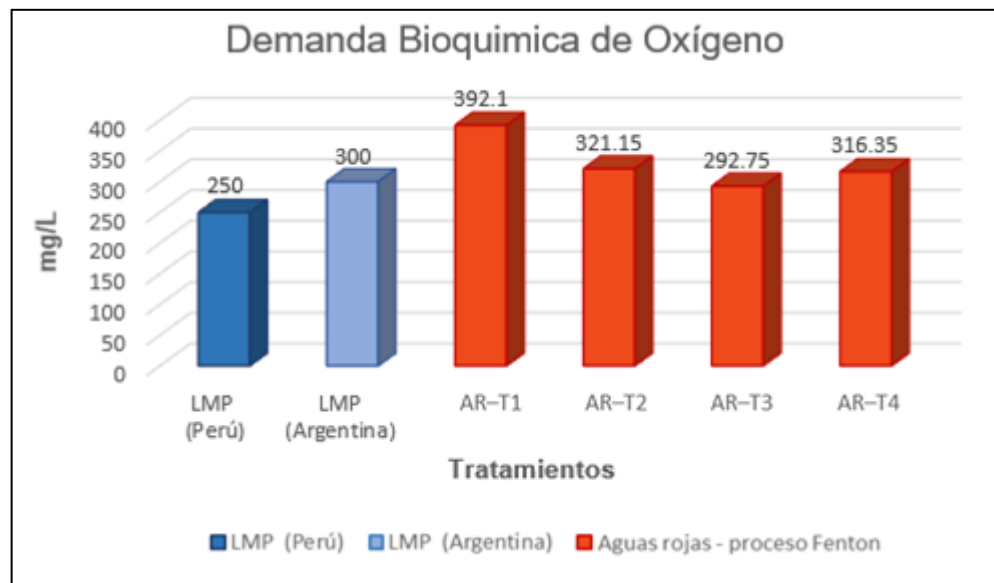
Nota. "AR-T" aguas rojas tratadas en el proceso Fenton



La figura 15, muestra los resultados referentes a la variación DQO en función de las distintas dosificaciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno aplicadas. Se destaca que el tratamiento AR-T3, con una concentración de 0.7gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1ml de H_2O_2 logró la mayor reducción de DQO, alcanzando un valor final de 401 mg/L. Por otro lado, el tratamiento AR-T1, utilizando 0.3gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1ml de H_2O_2 , evidenció la menor eficacia en la remoción de DQO. Este resultado se explica por la generación óptima de radicales OH en la reacción Fenton ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- + \cdot\text{OH}$), que oxidan eficientemente la materia orgánica recalcitrante y no biodegradable presente en las aguas residuales del camal. La variación en la eficacia de remoción entre los tratamientos se debe a la relación entre Fe^{2+} y H_2O_2 , que afecta la producción de $\cdot\text{OH}$ y las reacciones secundarias. El tratamiento AR-T3 logra un equilibrio óptimo, maximizando la oxidación de M.O. complejos ($\text{RH} + \cdot\text{OH} \rightarrow \text{R} + \text{H}_2\text{O}$) y minimizando las reacciones improductivas que consumen los radicales hidroxilos. La alta efectividad en la reducción de DQO demuestra la capacidad del proceso Fenton para degradar compuestos orgánicos resistentes a tratamientos biológicos convencionales, como proteínas desnaturalizadas, grasas y otros compuestos.

Figura 16.

Comportamiento de la DBO5 en relación a las dosis – aguas rojas



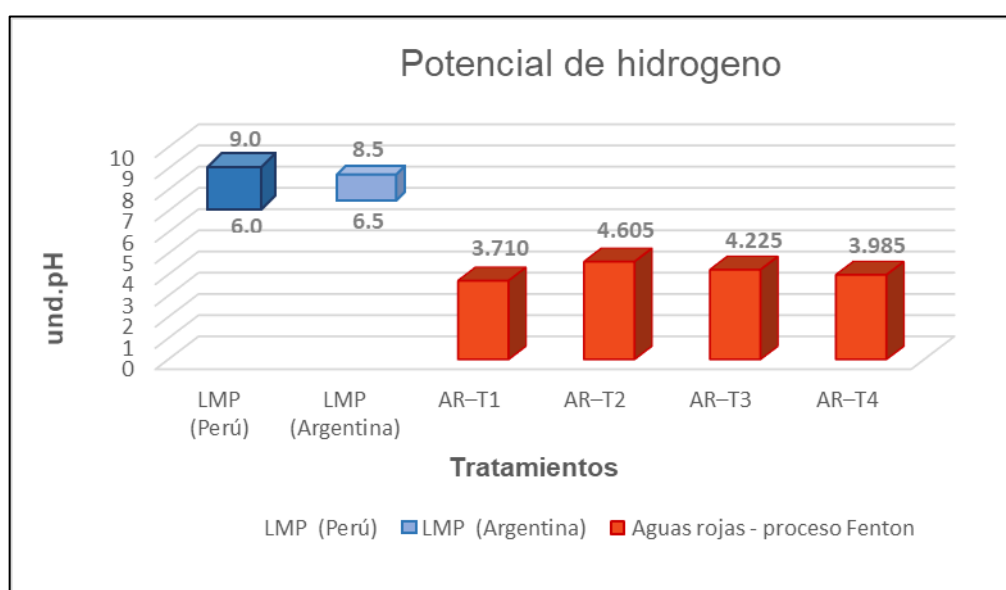
Nota. "AR-T" aguas rojas tratadas en el proceso Fenton

La figura 16, muestra los resultados referentes a la variación DBO5 en función de las distintas dosificaciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno aplicadas. Se destaca que el tratamiento AR-T3, con una concentración de 0.7gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1ml de H_2O_2 logró la mayor reducción de DBO5, alcanzando un valor final de 292.75 mg/L. Por otro lado, el tratamiento AR-T1, utilizando 0.3gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1ml de H_2O_2 , evidenció la menor eficacia en la remoción de DBO5. Esta reducción se atribuye a la eficiente oxidación de la M.O. biodegradable por los radicales hidroxilos generados en la reacción Fenton. La variación en la eficacia entre tratamientos para la DBO₅ es menor que para la DQO, lo que sugiere que el P.F. es particularmente efectivo en la degradación de compuestos orgánicos fácilmente biodegradables. El tratamiento AR-T3 logra un equilibrio para la oxidación de M.O. biodegradables, incluyendo proteínas y aminoácidos ($\text{R-NH}_2 + \bullet\text{OH} \rightarrow \text{R}\bullet + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$) y grasas simples ($\text{R-COOH} +$

$\cdot\text{OH} \rightarrow \text{R}\cdot + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), típicos en aguas residuales de camal. La menor dosis de FeSO_4 requerida para la máxima reducción de DBO_5 en comparación con la DQO sugiere que los compuestos biodegradables son más susceptibles a la oxidación por radicales hidroxilos.

Figura 17.

Variación del pH en relación a las dosis – aguas rojas



Nota. "AR-T" aguas rojas tratadas en el proceso Fenton

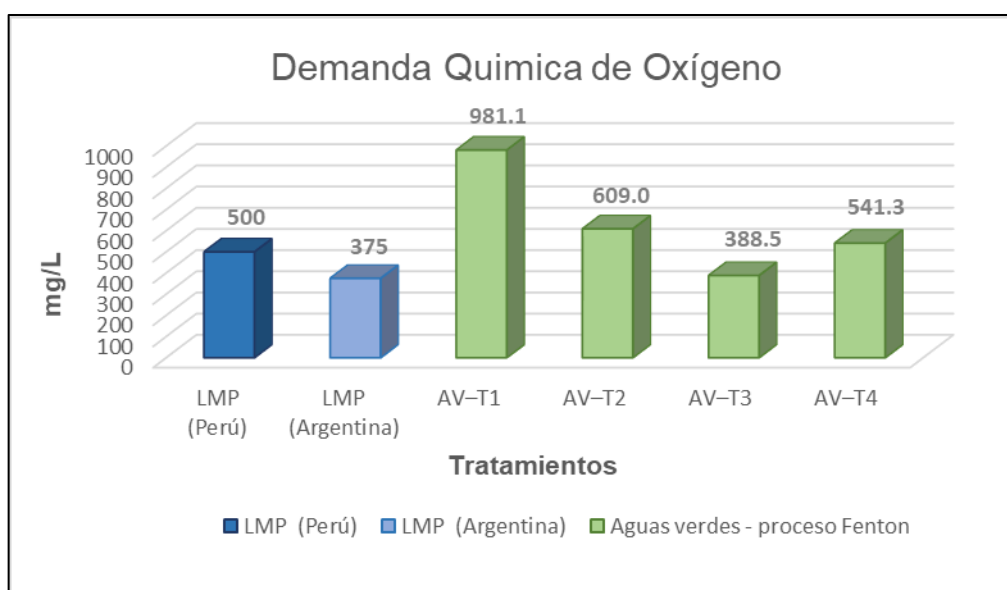
En la figura 17, se exteriorizan los resultados derivados de la investigación sobre la fluctuación del potencial de hidrógeno (pH) tras la administración de variadas proporciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno. Resulta destacable que el tratamiento AR-T2, con una administración de 0.5 gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1ml de H_2O_2 , alcanzó un pH aproximándose al límite aceptable, con un registro de 4.605. En contraposición, el tratamiento AR-T1, que utilizó 0.3gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1ml de H_2O_2 , que evidencia un pH significativamente ácido.

b) Remoción de materia orgánica de aguas residuales verdes

Se detalla el análisis del comportamiento de la DQO, DBO5 y del pH correspondiente a los cuatro tratamientos aplicados al efluente residual verde emanado del camal.

Figura 18.

Comportamiento de la DQO en relación a las dosis – aguas verdes



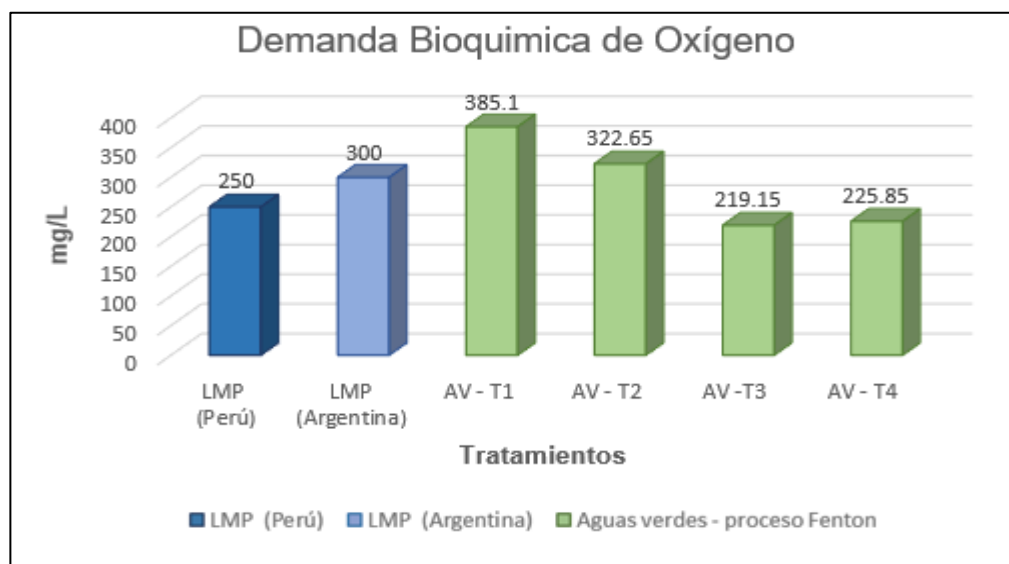
Nota. "AR-V" aguas verdes tratadas en el proceso Fenton

La Figura 18 ilustra los resultados alcanzados de la evaluación de la variabilidad de la DQO ante la aplicación de diversas concentraciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno. Es notable que el tratamiento AV-T3, empleando 0.07 gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 , exhibió la eficiencia más alta en la reducción de la DQO, registrando un valor descendente hasta 388.5 mg/L. Contrariamente, el tratamiento AR-T1, con una dosis de 0.03gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 , demostró ser el menos efectivo en la disminución de la DQO. Este resultado se explica por la generación óptima de radicales OH en la

reacción Fenton ($\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- + \bullet\text{OH}$), que oxidan eficientemente la M.O. recalcitrante presente en las aguas verdes, incluyendo compuestos como bilis, mucosas y restos de contenido intestinal. La efectividad del proceso Fenton en la reducción de DQO de aguas verdes se debe a su capacidad para degradar compuestos orgánicos complejos mediante la oxidación avanzada ($\text{RH} + \bullet\text{OH} \rightarrow \text{R} + \text{H}_2\text{O}$), transformándolos en moléculas más simples.

Figura 19.

Comportamiento de la DBO5 en relación a las dosis – aguas verdes



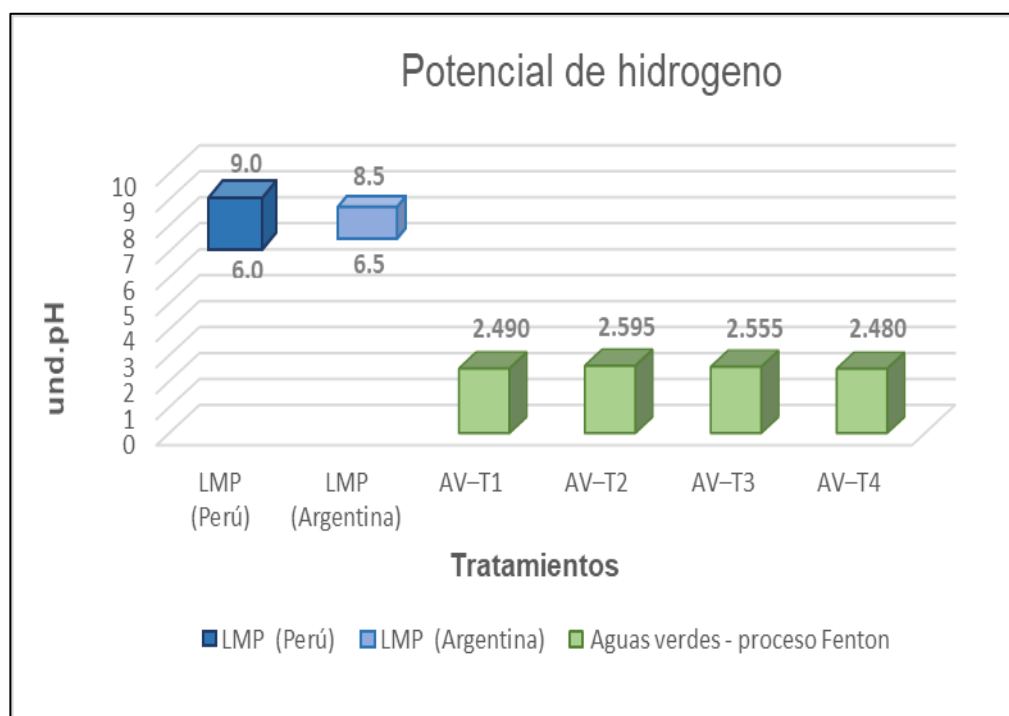
Nota. "AR-V" aguas verdes tratadas en el proceso Fenton

La Figura 19 ilustra los resultados obtenidos de la evaluación de la variabilidad de la DBO5 ante la aplicación de diversas concentraciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno. Es notable que el tratamiento AV-T3, empleando 0.07 gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 , exhibió la eficiencia más alta en la reducción de la DBO5, registrando un valor descendente hasta 219.15mg/L. Contrariamente, el tratamiento AV-T1, con una dosis de 0.03gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 , demostró ser el menos efectivo en la disminución de la DBO5.

Esta reducción se atribuye a la eficiente oxidación de la M.O. fácilmente biodegradable por los radicales hidroxilos generados en la reacción Fenton. El proceso es particularmente efectivo en la degradación de compuestos como proteínas y carbohidratos simples ($R-NH_2 + \bullet OH \rightarrow R + NH_3 + H_2O$), abundantes en las aguas verdes de camal. La variación en la eficacia entre tratamientos para la DBO_5 refleja la sensibilidad del proceso a las concentraciones de reactivos Fenton, donde un equilibrio óptimo permite la máxima oxidación de compuestos biodegradables sin exceso de reactivos que podrían contribuir a la DBO_5 residual. El tratamiento Fenton no solo reduce la DBO_5 , sino que también mejora la biodegradabilidad del efluente al transformar moléculas orgánicas complejas en formas más simples y fácilmente asimilables por microorganismos.

Figura 20.

Variación del pH en relación a las dosis – aguas verdes



Nota. "AR-V" aguas verdes tratadas en el proceso Fenton

La figura 20, expone los hallazgos de la investigación acerca de las variaciones del potencial de hidrógeno (pH) en respuesta a la aplicación de diferentes concentraciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno. Es notable observar que el tratamiento AV-T2, mediante la aplicación de 0.05 gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 , logró modificar el pH acercándolo a los umbrales permitidos, alcanzando un valor de 2.595. Por otro lado, el tratamiento AV-T4, con el uso de 0.03gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 , mostró un pH intensamente ácido.

4.1.3. Porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton

A continuación, se exponen los porcentajes de remoción alcanzados por los ocho tratamientos experimentales, caracterizados por variaciones en las concentraciones de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno.

Tabla 10.

Porcentaje de remoción de M.O.

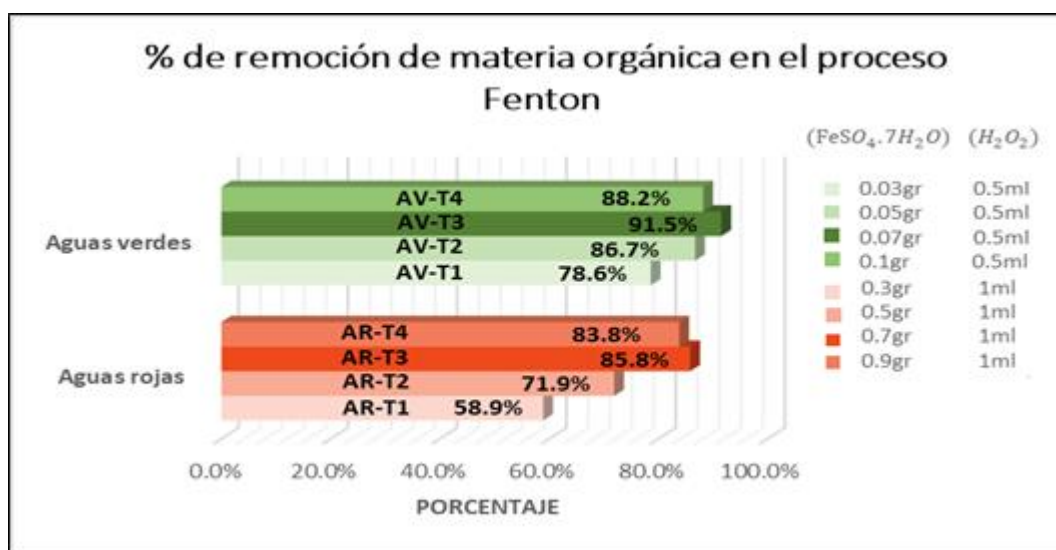
Remoción de materia orgánica en aguas verdes		Remoción de materia orgánica en aguas rojas	
Código	%	Código	%
AV-T1	78.6	AR-T1	58.9
AV-T2	86.7	AR-T2	71.9
AV-T3	91.5	AR-T3	85.8
AV-T4	88.2	AR-T4	83.8

Nota. suma de datos promedios de cada tratamiento procesado en el Software Excel

En la Tabla 10 se muestran la eficacia del proceso en dos tipos de aguas: rojas y verdes. En las aguas rojas los tratamientos AR-T1, AR-T2, AR-T3, y AR-T4 obtuvieron porcentajes de remoción del 58.9%, 71.9%, 85.8%, y 83.8%, respectivamente. Estos datos indican una mayor eficiencia en la remoción de M.O. en aguas verdes comparado con las aguas rojas, con un rendimiento óptimo en el tratamiento AV-T3. Mientras que, en las aguas verdes, los tratamientos AV-T1, AV-T2, AV-T3, y AV-T4 lograron porcentajes de remoción del 78.6%, 86.7%, 91.5%, y 88.2%, respectivamente.

Figura 21.

Porcentaje de remoción de M.O.



Nota. " $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ " sulfato de ferroso; " H_2O_2 " peróxido de hidrógeno

La Figura 21 detalla el porcentaje de eliminación de M.O. observado en las aguas residuales, tanto rojas como verdes, sometidas a diversos tratamientos empleando diferentes concentraciones de sulfato de hierro y peróxido de hidrógeno. Los resultados obtenidos subrayan que, en el caso de las aguas verdes, el tratamiento AV-T3, implementando 0.07gr de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 0.5ml de H_2O_2 dentro del marco del proceso Fenton, logró la máxima eficacia en la



remoción de M.O., alcanzando un porcentaje de eliminación del 91.5%. Por otro lado, en lo concerniente a las aguas rojas, el tratamiento AR-T3, con una dosificación de 0.7gr de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ y 1ml de H_2O_2 , evidenció una notable capacidad de remoción de materia orgánica, registrando un valor de 85.8%. Este análisis refleja la variabilidad en la eficiencia de remoción de M.O. en función de las características específicas del agua tratada y la dosificación de los reactivos utilizados.

4.2. Análisis estadístico

Prueba de normalidad

Se implementa un examen de normalidad con el propósito de elucidar si la distribución de los datos se ajusta o no a un patrón gaussiano (normal).

Hipótesis

H1: los datos escrutados se adhieren a una distribución gaussiana

Ho: los datos escrutados divergen de una distribución gaussiana

Criterio decisorio

Si, $P > 0.05$ aceptamos la hipótesis nula

Si, $P < 0.05$ rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna

Tabla 11.

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tratamiento	,178	48	<,001	,867	48	<,001
Valor inicial	,244	4	,000	,934	4	,618

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

En la presente investigación, se toman en consideración los valores integrales de DQO, DBO5 y pH correspondientes a los cuatro tratamientos, así como una réplica, acumulando un total de 48 observaciones. Adicionalmente, se incluyeron dos muestras de control, sumando un total de 4 datos. De acuerdo al libro de metodología de (Hernández & Fernández, 2018) en la parte estadística

indica que, cuando el número de observaciones es inferior a 50, es pertinente emplear la prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

En la tabla 10, se observa una significancia estadística de $<0,01$ (P-valor), inferior al umbral convencional de $0,05$, es decir: $P < 0,05$ para las 48 observaciones. En consecuencia, se procede al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa que indica que " los datos escrutados se adhieren a una distribución gaussiana". Por lo tanto, resulta apropiado aplicar el análisis paramétrico de varianza (ANOVA). Mientras que para el valor inicial se presenta un valor de significancia $0,618$ el cual es superior al umbral convencional de $0,05$, establecemos que " los datos escrutados divergen de una distribución gaussiana"

4.2.1. Prueba de hipótesis general

Hipótesis

H₀: El proceso Fenton no reduce significativamente la concentración de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023.

H_a: El proceso Fenton reduce significativamente la concentración de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023.

Regla de decisión

Cuando " p " < 0.05 rechazamos la *H₀* y aceptamos *H_a*

Cuando " p " ≥ 0.05 Aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

H_0 : La media de todos los grupos son iguales

H_a : No todas las medias de los grupos son iguales

Tabla 12.

ANOVA para hipótesis general

ANOVA					
Resultados	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3529604,467	2	1764802,234	65,589	<,001
Dentro de grupos	1210814,188	45	26906,982		
Total	4740418,656	47			

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

La tabla 12, expone los resultados obtenidos del análisis de la varianza (ANOVA), el cual fue ejecutado con el propósito de someter a prueba la hipótesis planteada. En este contexto, se examinaron las medias de cuatro tratamientos con una única repetición. El valor de p arrojado por el análisis fue inferior a 0,001, situándose por debajo del umbral alfa de 0,05. Este hallazgo sugiere que "existen diferencias significativas entre las medias de los diversos grupos evaluados". Con un nivel de significancia fijado en 5% (α) y un intervalo de confianza del 95%, se acepta la hipótesis alternativa del investigador ($\alpha > \text{Sig.}$, por lo tanto, se acepta H_a), lo que permite concluir que "El proceso Fenton reduce significativamente la concentración de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023".

4.2.2. Prueba de hipótesis específico 1

Hipótesis

H_0 : La materia orgánica inicial no presenta concentraciones elevadas frente a los límites máximos permisibles en los efluentes residuales del camal municipal de Melgar

H_a : La materia orgánica inicial presenta concentraciones elevadas frente a los límites máximos permisibles en los efluentes residuales del camal municipal de Melgar

Regla de decisión

Cuando "p" < 0.05 rechazamos la H_0 y aceptamos H_a

Cuando "p" > = 0.05 Aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

Tabla 13.

T-student para hipótesis específico 1

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 250;300;500;375						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Valor de concentración inicial M.O.	2,680	3	,047	1969,25000	-369,1203	4307,6203

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

La tabla 13, presenta la aplicación de la prueba t de Student correspondiente a la primera hipótesis específica. En este análisis, se obtuvo un valor de p de



0,047, el cual es inferior al nivel alfa de 0,05. Este resultado proviene de la comparación de las medias de las concentraciones de materia orgánica en los efluentes rojos y verdes de la muestra inicial. Por lo tanto, se infiere que, con un nivel de significancia del 5% (α) y un intervalo de confianza del 95%, se acepta la hipótesis alternativa del investigador (dado que $\alpha > \text{Sig.}$, se acepta H_a). En consecuencia, se concluye que “La materia orgánica inicial presenta concentraciones elevadas frente a los límites máximos permisibles en los efluentes residuales del camal municipal Melgar”.

4.2.3. Prueba de hipótesis específico 2

Hipótesis

H₀: La dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton no consiente una mayor remoción de materia orgánica del efluente residual

H_a: La dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton consiente una mayor remoción de materia orgánica del efluente residual

Regla de decisión

Cuando “p” < 0.05 rechazamos la *H₀* y aceptamos *H_a*

Cuando “p” > = 0.05 Aceptamos la *H₀* y rechazamos *H_a*

H₀: La media de todos los grupos son iguales

H_a: No todas las medias de los grupos son iguales

Tabla 14.*ANOVA para hipótesis específico 2*

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4724074,339 ^a	23	205394,536	301,601	,000
Intersección M.O.	5147029,378	1	5147029,378	7557,900	,000
Tratamiento M.O. *	3529604,467	2	1764802,234	2591,436	,000
Tratamiento M.O. *	530781,953	7	75825,993	111,343	,000
Tratamiento Error	663687,919	14	47406,280	69,611	,000
Error	16344,316	24	681,013		
Total	9887448,034	48			
Total corregido	4740418,656	47			

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

La tabla 14, muestra el ANOVA aplicado a muestras repetidas, realizado porque se evaluaron los parámetros de cuatro tratamientos con una réplica, además de dos muestras de control. El valor p obtenido fue 0,000, inferior al nivel alfa de 0,05, lo que indica que "las medias de los parámetros difieren significativamente". Con un nivel de significancia del 5% (α) y un intervalo de confianza del 95%, se acepta la hipótesis alternativa del investigador ($\alpha > \text{Sig.}$, se acepta H_a). Esto conduce a la conclusión de que "La dosis óptima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton consiente una mayor remoción de materia orgánica del efluente residual". Al fijar que "las medias de los parámetros no son iguales", se procedió a realizar la prueba post hoc de Tukey.

Tabla 15.*Prueba de Tukey*

Prueba post hoc		
HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamientos	N	Subconjunto
1 DQO; DBO5	AV-T3 * AR-T3 * AR-T4	978,9438
2 pH	AR-T3 * AV-T3	3,4350
Sig.		0,05
Alfa = 0.05.		

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

La tabla 15, presenta los resultados del contraste realizado mediante la prueba de Tukey, aplicada a los parámetros evaluados en relación con los diferentes tratamientos, debido a la presencia de una varianza significativa. A través de esta prueba, se concluye que las dosis de sulfato de hierro y peróxido de hidrógeno en los tratamientos AV-T3, AR-T3 y AR-T4 resultan efectivas para la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO5). Adicionalmente, se observó que los tratamientos AR-T3 y AV-T3 también son efectivos en la regulación del pH.

4.2.4. Prueba de hipótesis específico 3**Hipótesis**

H₀: El porcentaje de remoción de materia orgánica del efluente residual es inferior al 70% empleando el proceso Fenton.

H_a: El porcentaje de remoción de materia orgánica del efluente residual es mayor al 70% empleando el proceso Fenton.

Regla de decisión

Cuando "p" < 0.05 rechazamos la H_0 y aceptamos H_a

Cuando "p" > = 0.05 Aceptamos la H_0 y rechazamos H_a

H_0 : La media de todos los grupos son iguales

H_a : No todas las medias de los grupos son iguales

Tabla 16.*ANOVA para hipótesis específico 3*

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4724074,339 ^a	23	205394,536	301,601	,000
Intersección	5147029,378	1	5147029,378	7557,900	,000
M.O.	3529604,467	2	1764802,234	2591,436	,000
Tratamiento	530781,953	7	75825,993	111,343	,000
M.O. *	663687,919	14	47406,280	69,611	,000
Tratamiento					
Error	16344,316	24	681,013		
Total	9887448,034	48			
Total corregido	4740418,656	47			

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 16, se presenta el análisis de varianza ANOVA para los 4 tratamientos y una repetición, en donde, el p-valor es de 0,000 que es menor 0.05 (valor alfa), esto se ha obtenido de la evaluación de la media de los grupos en relación a las dosis de sulfato de hierro, peróxido de hidrogeno y las muestras de concentración inicial. El valor de significancia obtenida indica que "hay diferencia entre las medias de los distintos grupos". Con un nivel de significancia

de 5% (α), con un nivel de confianza del 95% se acepta la hipótesis del investigador ($\alpha > \text{Sig.}$ Se acepta H_a) y se afirma que "El porcentaje de remoción de materia orgánica del efluente residual es mayor al 70% empleando el proceso Fenton". Al asumir que "hay diferencia entre las medias de los distintos grupos", se procede a determinar el mejor grupo del tratamiento con la prueba de Tukey

Tabla 17.*Prueba de Tukey*

Prueba post hoc			
HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamientos		N.	Subconjunto
1	AV-T3 →0.07gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 0.5ml (H_2O_2)	2	203,4017
2	AR-T3 →0.7gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 1ml (H_2O_2)	2	239,1750
3	AR-T4 →0.9gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 1ml (H_2O_2)	2	256,5433
4	AV-T4 →0.1gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 0.5ml (H_2O_2)	2	271,8900
5	AV-T2 →0.05gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 0.5ml (H_2O_2)	2	305,7975
6	AR-T2 →0.5gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 1ml (H_2O_2)	2	399,6525
7	AV-T1 →0.03gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 0.5ml (H_2O_2)	2	456,2300
8	AR-T1 →0.3gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 1ml (H_2O_2)	2	519,2150
	Sig.		0,05
	Alfa = 0.05.		

Nota. procesado y adquirido en el Software IBM SPSS Statistics

La tabla 17, expone los contrastes realizados a través de la prueba de Tukey aplicada a los diferentes tratamientos, debido a la existencia de varianza significativa. Los resultados de esta prueba indican que el tratamiento AV-T3, con una dosis de 0,07 g ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 0.5ml (H_2O_2) y



AR-T3 con 0.7gr ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) + 1ml (H_2O_2) son los más adecuados para remover M.O., mientras que el resto de los tratamientos presentan regular remoción de M.O.

4.3. Discusiones

Discusión con respecto al resultado del objetivo general, que sustenta la reducción significativa de materia orgánica del efluente residual del camal municipal mediante el proceso Fenton ($p=0.001$), encuentra respaldo en múltiples investigaciones previas. Medina et al. (2020) en un estudio similar realizado en el camal municipal de Chota-Perú, utilizaron un sistema de jarras con diferentes cantidades de H_2O_2 y FeSO_4 , logrando una remoción de DQO del 79.9% con un valor de índice de biodegradabilidad de 0.5. Las diferencias en los porcentajes de remoción pueden atribuirse a variaciones en las condiciones experimentales, como pH, tiempo de reacción y concentraciones específicas de reactivos. Mientras que, Menéndez (2018), en su investigación en el Distrito de Huata, Puno, aplicó el método Fenton con parámetros optimizados mediante diseño Box-Behnken, obteniendo reducciones del 78.93% en DQO, utilizando 3.65 g de sal de Fe^{2+} y 30.84 g de peróxido de hidrógeno. La variabilidad en los resultados puede explicarse por las diferencias en las características específicas de los efluentes y las condiciones operativas de cada estudio. Asimismo, Lipa (2022), en su investigación sobre efluentes de matadero en Juliaca, reportó una eficiencia de remoción del 81.4% de materia orgánica, utilizando 18 ml/l de peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso de 2 gr. Estas investigaciones coinciden en demostrar la efectividad del proceso Fenton, aunque con ligeras variaciones



en los porcentajes de remoción, lo que subraya la importancia de la optimización de las condiciones experimentales para cada tipo de efluente.

Mientras que la discusión para el resultado del OE1, en donde la concentración inicial de materia orgánica en los efluentes del camal (2840 mg/L DQO, 885 mg/l DBO5 y pH 6.27 en aguas rojas; 4586 mg/l DQO, 976 mg/l DBO5 y pH 6.15 en aguas verdes) coincide con hallazgos de investigaciones previas. García (2017) reportó valores similares de 2750 mg/L DQO y 860 mg/L DBO5 en aguas rojas, y 4320 mg/L DQO y 950 mg/L DBO5 en aguas verdes, confirmando que los efluentes de camal sistemáticamente exceden los límites permisibles de contaminación orgánica. Por otro lado, Medina et al. (2020) realizaron un análisis exhaustivo de parámetros en efluentes de camal municipal, incluyendo DBO5, DQO, pH y otros indicadores. Su estudio reveló la complejidad de los efluentes cárnicos, con altas concentraciones de materia orgánica que representan una amenaza constante para la contaminación del agua y el suelo. Las variaciones en las concentraciones pueden atribuirse a diferencias en los procesos de faenado, volumen de producción y prácticas de manejo de residuos. De tal forma, Delgado (2019), en su investigación en el camal "Régulo Bernal Torres", examinó cómo las cantidades de reactivos Fenton afectaban la eliminación de parámetros físico-químicos. Aunque los valores específicos difieren ligeramente, su estudio coincide en la necesidad crítica de tratamiento para efluentes de camal debido a sus altas cargas orgánicas. Las diferencias en las concentraciones pueden explicarse por variaciones en los procesos de producción, tipo de materia prima y prácticas de limpieza en diferentes instalaciones.



Mientras que la discusión para el resultado del OE2, en donde la determinación de las dosis óptimas de sulfato de hierro (0.7g en aguas rojas, 0.07g en aguas verdes) y peróxido de hidrógeno (1ml en aguas rojas, 0.5ml en aguas verdes) encuentra concordancia con investigaciones previas. Alvarado & Piloso (2020) encontraron dosis óptimas de 1ml/l de peróxido de hidrógeno y 3mg/l de sulfato ferroso, logrando una reducción de DQO del 89.05%. Las diferencias en las dosis pueden atribuirse a las características específicas de los efluentes y las condiciones experimentales. Asimismo, Menéndez (2018) optimizó los parámetros del proceso Fenton mediante diseño Box-Behnken, estableciendo 3.65 g de sal de Fe^{2+} , 30.84 g de peróxido de hidrógeno, y un tiempo de reacción de 43.84 minutos. Estos resultados demuestran la variabilidad en las dosis óptimas y la importancia de la optimización específica para cada tipo de efluente. Mientras que, Lipa (2022) determinó como dosis óptima 18 ml/l de peróxido de hidrógeno al 50% a un pH de 2, logrando una reducción de materia orgánica a 841.3 mg/l con una eficiencia de remoción del 81.4%. Las variaciones en las dosis óptimas entre estudios subrayan la necesidad de realizar pruebas de optimización específicas para cada caso, considerando las características particulares de los efluentes y las condiciones experimentales.

Mientras que la discusión para el resultado del OE3 en donde el porcentaje de remoción de materia orgánica alcanzado (91.5% en aguas verdes con 0.07 mg/l de sulfato de hierro y 0.5 ml de peróxido de hidrógeno; 85.8% en aguas rojas con 0.7 mg/l de sulfato de hierro y 1 ml de peróxido de hidrógeno) encuentra respaldo en investigaciones precedentes. Estos hallazgos coinciden



con el autor Lipa (2022), quien afirma que la dosis óptima de sulfato ferroso es (2mg/l) y peróxido de hidrógeno (18ml/l) en el proceso Fenton para la remoción de M.O. del efluente residual. Lipa reportó eficiencias de remoción del 81.4% para DQO mostrando un rango de remoción de 4517mg/l hasta 841.3mg/l. Blas & López (2022), en una revisión exhaustiva de métodos de oxidación avanzada, reportaron que las técnicas Fenton demostraron reducciones entre el 80% y el 94%, coincidiendo con los resultados de este estudio. De tal forma, Marreros & Meléndez (2021) examinaron la factibilidad del proceso Fenton en purificación de líquidos residuales, destacando investigaciones con porcentajes de eliminación de DQO significativos. Estas investigaciones confirman la efectividad del proceso Fenton, aunque con ligeras variaciones atribuibles a las condiciones específicas de cada estudio y las características particulares de los efluentes tratados.



CONCLUSIONES

1. Se concluye que la oxidación avanzada del proceso Fenton reduce significativamente la concentración de materia orgánica del efluente residual del camal municipal. Hecho que se sustenta con el valor p de 0.000 obtenido mediante el ANOVA, se destaca que el sulfato de hierro a diferentes dosis presenta remociones considerables de materia orgánica.
2. Se concluye que la concentración inicial de materia orgánica en el efluente del camal municipal es 2840mg/L DQO, 885mg/l DBO_5 y 6.27 de pH en las aguas rojas, mientras que, en las aguas verdes es 4586mg/l DQO, 976mg/l DBO_5 y 6.15 de pH valores se encuentran por encima de los LMP destinados descarga de efluentes de la industria cárnica (camales).
3. Se concluye que la dosis optima de sulfato de hierro es 0.7g y 1ml de peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton para aguas rojas, en donde, la DQO disminuyo de 2840mg/L a 401mg/l y la DBO_5 de 885mg/l a 292.75mg/l. Mientras que, la dosis de sulfato de hierro de 0.07g y 0.5ml de peróxido de hidrogeno disminuyo de 4586mg/l a 388.5mg/l la DQO y de 976mg/l a 219.15mg/l DBO_5 en aguas verdes.
4. Se concluye que el porcentaje de remoción de materia orgánica alcanzó un valor de 91.5% con una dosis de 0.07mg/l de sulfato de hierro y 0.5ml de peróxido de hidrogeno en aguas verdes. Mientras que, para aguas rojas se alcanza un porcentaje de remoción de 85.8% con una dosis de 0.7mg/l de sulfato de hierro y 1ml de peróxido de hidrógeno.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para futuras investigaciones se considere aplicar los procesos de oxidación avanzada como Fotofenton, Fotocatalisis y compararlos con los resultados del proceso Fenton, Dado que la oxidación avanzada reduce significativamente la materia orgánica del efluente residual municipal tal como se demostró en este estudio.
2. Se recomienda que futuras investigaciones incluyan un diagnóstico del estado de la infraestructura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del camal municipal de Melgar para identificar componentes dañados. Esto es crucial debido a la alta presencia de materia orgánica en el afluente residual, como se evidencia en este estudio.
3. Se recomienda que para futuras investigaciones se amplíe el enfoque de investigación para incluir la remoción de otros contaminantes de los efluentes residuales, como solidos suspendidos, aceites y grasas.
4. Se recomienda para futuras investigaciones se estudie el índice de biodegradabilidad de los efluentes residuales para aplicar un tratamiento biológico como lagunas de estabilización y pozos percoladores para un mayor porcentaje de remoción.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abdellah, M. H. (2018). Slaughterhouse Wastewater: Treatment, Management and Resource Recovery. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*.
<https://doi.org/https://www.intechopen.com/chapters/52474>
- Alvarado, A., & Piloso, M. (2020). "Estudio de tratamiento de aguas residuales de una industria empacadora camaronera mediante la aplicación de un proceso de oxidación avanzada - reacción fentón". Repositorio Universidad de Guayaquil.
<https://doi.org/http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51086>
- Araujo, L., & Campos, L. (2021). Tratamiento de agua residual del camal conchucos mediante coagulación química seguido de electrocoagulación. Repositorio Universidad Nacional del Callao.
<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12952/6068>
- Arroyo, K. (2019). Remoción de DQO en un efluente de la industria de alimentos mediante un proceso Foto-Fenton. *Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito*.
<https://doi.org/https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/960>
- Bustillo-Lecompte y Mehrvar, (2015) A critical review on current treatment technologies and future potential. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(4), 1009-1032. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0930-1>
- Blas, F., & Lopez, P. (2022). Procesos de oxidación avanzada en la remoción de la demanda química de oxígeno en aguas residuales industriales. Trujillo:



Repositorio Universidad César Vallejo.

<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/93632>

Cáceres, J. (2005). "Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del Camal de Ambato". Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<https://doi.org/http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4309>

Castro, M. (2017). Disminución De La Carga Orgánica Del Efluente Del Camal Municipal El Porvenir Mediante El Tratamiento Con Sulfato De Aluminio Al 1 %. Repositorio Unversidad César Vallejo.
<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/22475>

Ccoicca, J. (2022). Efectos de la frecuencia de rotacion de un sistema de biodiscos en la calidad del tratamiento de aguas grises. Repositorio Peruana Los Andes.

Delgado, J. (2019). Eficiencia de remoción de tres parámetros fisicoquímicos del efluente líquido del camal "Régulo Bernal Torres" utilizando proceso de oxidación avanzado fenton. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14074/3930>

Díaz, T., & Collantes, L. (2019). Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in vitro en el caserío de Chontamuyo - San Martín 2018. Repositorio Universidad Peruana Unión .

Eryuruk, K., Yetilmezsoy, K., Zengin, G. E., & Yilmaz, S. (2015). Assessment of the removal of organic matter from slaughterhouse wastewater using advanced oxidation processes: A critical review. Environmental



Technology Reviews, 9(1), 31-50.

<https://doi.org/10.1080/21622515.2020.1722126>

Flores Tapia, C. E., & Flores Cevallos, k. I. (2021). pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos:: anderson-darling, ryan-joiner, shapiro-wilk y kolmogórov-smirnov. *societas*, 23(2), 83–106.

recuperado a partir de

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302>

Garcia, A., & Zevallos, K. (2021). "Optimización del proceso coagulación-floculación usando cloruro férrico y fosfatto para la reducción de contaminants del agua residual del camal Conchucos S.A., Lima".

Repositorio Universidad Nacional del Callo.

https://doi.org/http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6201/TESIS_PREGRADO_GARCIA_ZEVALLOS_FIARN_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, K. (2017). Estimación experimental en condiciones de laboratorio de las concentraciones óptimas de Fenton. Repositorio UNiversidad Politécnica Salesiana.

<https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13732>

Hernández, R., & Fernández, C. (2018). Metodología de la investigación. Mexico: McGRAW-HILL.

Jara, R. (2019). Aplicación del método de electro-Fenton para el tratamiento de aguas residuales del matadero municipal, Ayaviri - Puno. Repositorio



Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

<https://doi.org/http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15027>

Kundu et al.,(2013) waste water camales in general: Characterization of wastewater in a meat processing plant and its treatment using an up-flow anaerobic. Environmental Engineering and Management Journal, 12(6), 1115-1123.

Lara, L. (2011). "Las aguas residuales del camal municipal del Cantón Baños y su incidencia en la contaminación del Río Pastaza en la Provincia de Tungurahua". Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
<https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/16111/1/Tesis%20587%20-%20Lara%20Villac%C3%ADs%20Ligia%20Elena.pdf>

Lipa, F. (2022). Optimización del sistema de tratamiento de la materia orgánica mediante el peroxido de hidrogeno de aguas residuales industriales de la Ciudad de Juliaca - 2022. Repositorio Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

<https://doi.org/http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/8902>

Marreros, P., & Meléndez, M. (2021). Análisis de la viabilidad y eficiencia del proceso de oxidación avanzada Fenton aplicado como tratamiento de aguas residuales industriales. Repositorio Universidad Privada del Norte.
<https://doi.org/https://hdl.handle.net/11537/29771>

Medina, C. (2022). "Sistema electro-Fenton para tratar aguas residuales del camal municipal de Chota – Cajamarca". Repositorio Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.



https://doi.org/https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/10409/Medina_Valderrama_Carlos_Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Medina, C., Uriarte, W., Cardenas, V., & Orrego, S. (2020). Tratamiento de aguas residuales de camales mediante tecnologías avanzadas de oxidación: proceso fenton. Revista INGENIERÍA UC. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/707/70764230005/70764230005.pdf>

Medina, C., Uriarte, W., Salvador, O., & Montero, E. (2018). Aplicación del proceso Fenton para degradar aguas residuales del camal de Chota. Repositorio Universidad Nacional Autónoma de Chota. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14142/292>

Menéndez, A. (2018). Reducción de la demanda química de oxígeno en lactosuero mediante el proceso Fenton. Repositorio Universidad Nacional del Altiplano. <https://doi.org/http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7544>

Metcalf, & Eddy. (1995). INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACION. McGraw-Hill. <https://doi.org/84-481-1727-1> (Vol. I)

Nidheesh, P., & Gandhimathi, R. (2022). Fenton and Photo-Fenton processes for the degradation of industrial effluents. A review. Environmental Chemistry and Ecotoxicology.



<https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1007/s10876-021-02010-x>

Nieto, R., & Huaman, J. (2019). "Optimización de los parámetros operacionales del proceso de oxidación avanzada en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un matadero de porcinos". Repositorio Universidad Nacional del Callao. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12952/4495>

Ñaupas, H. (2013). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (Tercera ed.). Perú: Ediciones de la U - Transversal 42 No. 4 B-83. <https://doi.org/978-958-762-188-4>

Rodríguez, M., & Barrera, C. (2020). Procesos de oxidación avanzada en el tratamiento de agua. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://doi.org/ISBN 978-607-633-188-0>

Sánchez, R., & García, K. (2018). Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida. <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>

Wang, L. (2019). A review on the application of Fenton oxidation for pre-treatment of eco-toxic effluents with an emphasis on treatment of slaughterhouse effluents. Chinese Journal of Chemical Engineering. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11783-021-1511-6>

Zárate, A. (2014). Tratamiento terciario de efluentes porcícolas mediante procesos de oxidación avanzada fenton y fenton solar. Centro de



investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica, S.C.

[https://doi.org/https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1](https://doi.org/https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/192/1/Tratamiento%20terciario%20de%20efluentes%20por%20ADcolas%20mediante%20procesos%20de%20oxidaci%20avanzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf)

[021/192/1/Tratamiento%20terciario%20de%20efluentes%20por%20ADcolas%20mediante%20procesos%20de%20oxidaci%20avanzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf](https://doi.org/https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/192/1/Tratamiento%20terciario%20de%20efluentes%20por%20ADcolas%20mediante%20procesos%20de%20oxidaci%20avanzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf)

[ADcolas%20mediante%20procesos%20de%20oxidaci%20avanzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf](https://doi.org/https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/192/1/Tratamiento%20terciario%20de%20efluentes%20por%20ADcolas%20mediante%20procesos%20de%20oxidaci%20avanzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf)

[anzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf](https://doi.org/https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/192/1/Tratamiento%20terciario%20de%20efluentes%20por%20ADcolas%20mediante%20procesos%20de%20oxidaci%20avanzada%20fenton%20y%20fenton%20solar.pp.pdf)



APÉNDICES




Apéndice 1: Matriz de consistencia

Título: EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGIA
General	General	Hipótesis General	Independiente				
¿Cómo incide el proceso fenton en la remoción de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023?	Evaluar el proceso Fenton en la remoción de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023	El proceso Fenton reduce significativamente la concentración de materia orgánica de efluentes residuales del camal municipal de la provincia de Melgar 2023.	Proceso Fenton	Reactivo	Peróxido de hidrogeno 0.5 – 1 Sulfato ferroso 0.3 – 0.5 – 0.7 – 0.9; 0.03 - 0.05 - 0.07 - 0.1	ml gr	Diseño de investigación Experimental
Específicas	Específicas	Hipótesis Especifica	Dependiente				
¿Cuánto es la concentración inicial de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal de Melgar?	Determinar la concentración de materia orgánica inicial del efluente residual del camal municipal de Melgar.	La materia orgánica inicial presenta concentraciones elevadas frente a los límites máximos permisibles en los efluentes residuales del camal municipal de Melgar.	Remoción de materia orgánica del efluente residual	Concentración Inicial de M.O.	pH DBO5 DQO	Und pH mg/L mg/L	Tipo de investigación Aplicada Enfoque cuantitativo Técnica: observación, revisión bibliográfica.
¿Cuánto es la dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton para la remoción de materia orgánica del efluente residual?	Determinar la dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton para la remoción de materia orgánica del efluente residual.	La dosis optima de sulfato ferroso y peróxido de hidrogeno en el proceso Fenton consiente una mayor remoción de materia orgánica del efluente residual			pH	%	Instrumentos cadena de custodia, Métodos normalizados APHA, AWW.WEF. 21th ed. 2005
¿Cuánto será el porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton?	Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica del efluente residual del camal municipal empleando el proceso Fenton.	El porcentaje de remoción de materia orgánica del efluente residual es mayor al 70% empleando el proceso Fenton.		Porcentaje de remoción de M.O.	DBO5 DQO	% %	

Apéndice 2.

Resultados del análisis en laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS
INFORME N° LCA096

I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. **Solicitante** : Sandy Nathaly Pachari Paredes
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

II. DATOS DEL ENSAYO

2.1. **Producto** : Agua residual
2.2. **Numero de muestras** : 08
2.3. **Muestreado por** : Sandy Nathaly Pachari Paredes
2.4. **Fecha de ensayo** : 30/10/2023
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : Melgar
2.7. **Distrito** : Ayaviri
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**


Código	Punto de monitoreo y/o coordenada	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo
AR - I	E: 327124.75 N: 8354844.43	29/10/2023	7:00 a.m.
AR - S	E: 327103.78 N: 8354769.11	29/10/2023	7:20 a.m.
AV - I	E: 327124.8 N: 8354837.37	29/10/2023	10:00 a.m.
AV - S	E: 327096.15 N: 8354778.44	29/10/2023	10:20 a.m.

III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	AR - I	AR - S	AV - I	AV - S
1	Temperatura	°C	15.3	16.4	15.7	16.8
2	pH	-	6.59	6.27	6.46	6.15
3	Demanda química de oxígeno	mg/l	4320	2840	6880	4586
4	Demanda biológica de oxígeno	mg/l	1832	885	1781	976


IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Mgtr Ing. Milton Quispe Huanca
C.I.P. 42790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 03 de noviembre del 2023.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Ing. Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

N°B.E.00210211
Página 1 de 5



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA097

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Sandy Nathaly Pachari Paredes
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Agua residual
 2.2. **Numero de muestras** : 08
 2.3. **Muestreado por** : Sandy Nathaly Pachari Paredes
 2.4. **Fecha de ensayo** : 06/11/2023
 2.5. **Departamento** : Puno
 2.6. **Provincia** : San Román
 2.7. **Distrito** : Juliaca
 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Punto de monitoreo y/o coordenada	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo
AV - 1	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:00 p.m.
AV - 2	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:10 p.m.
AV - 3	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:20 p.m.
AV - 4	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:30 p.m.
AV - 1R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	4:20 p.m.
AV - 2 R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	4:30 p.m.
AV - 3R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	4:40 p.m.
AV - 4R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	4:50 p.m.





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA098

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Sandy Nathaly Pachari Paredes
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Agua residual
2.2. **Numero de muestras** : 08
2.3. **Muestreado por** : Sandy Nathaly Pachari Paredes
2.4. **Fecha de ensayo** : 06/11/2023
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Punto de monitoreo y/o coordenada	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo
AR - 1	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	11:00 a.m.
AR - 2	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	11:10 a.m.
AR - 3	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	11:20 a.m.
AR - 4	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	11:30 a.m.
AR - 1R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:00 p.m.
AR - 2 R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:10 p.m.
AR - 3R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:20 p.m.
AR - 4R	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/10/2023	2:30 p.m.



N°B.E.00210211
Página 4 de 5



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Demanda química de oxígeno (mg/L)	Demanda biológica de oxígeno (mg/L)
AV - 1	20	2.44	1014.9	384.0
AV - 2	20	2.54	636.4	324.6
AV - 3	19	2.54	427.1	220.9
AV - 4	21	2.47	557.7	227.6
AV - 1R	22	2.54	947.3	386.2
AV - 2 R	19	2.65	581.6	320.7
AV - 3R	20	2.57	349.9	217.4
AV - 4R	20	2.49	524.9	224.1

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 10 de noviembre del 2023.


UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mg. Ing. Milton Quespe Huanca
CIP. 47790
LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
ANALISTA LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

N°B.E.00210211
Página 3 de 5



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Demanda química de oxígeno (mg/L)	Demanda biológica de oxígeno (mg/L)
AR-1	20	4.98	1201.0	394.5
AR-2	21	4.54	822.7	321.6
AR-3	21	4.10	358.0	314.2
AR-4	19	3.96	476.6	317.0
AR-1R	19	4.11	1121.0	389.7
AR-2R	20	4.67	766.7	320.7
AR-3R	20	4.35	444.0	310.4
AR-4R	19	4.01	444.0	315.7

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF. 21th ed. 2005

Juliaca, 10 de noviembre del 2023.

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP: 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Ing. Kelly Quispe Quispe
LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



Apéndice 3

Cadena de custodia

Punto de muestreo / Estación		Código de laboratorio	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		Ubicación		N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO			PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES
			Muestreo	Clasificación	Coordenada	v	f	DO	BOD5	PH	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (µs/cm)	OD (mg/L)	
1		AR-I	F: 29/10/23 H: 7:00 am	AR Industrial	N: 327124.75 E: 8354844.9	X	X								
2		AV-I	F: 29/10/23 H: 10:00 am	AR Industrial	N: 327124.8 E: 8354837.8	X	X								
3		AR-S	F: 29/10/23 H: 7:30 am	AR Industrial	N: 8354769.15 E: 327103.78	X	X								
4		AV-S	F: 29/10/23 H: 11:30 am	AR Industrial	N: 8354778.74 E: 327106.35	X	X								
5			F:		N:										
6			H:		E:										
7			F:		N:										
8			H:		E:										

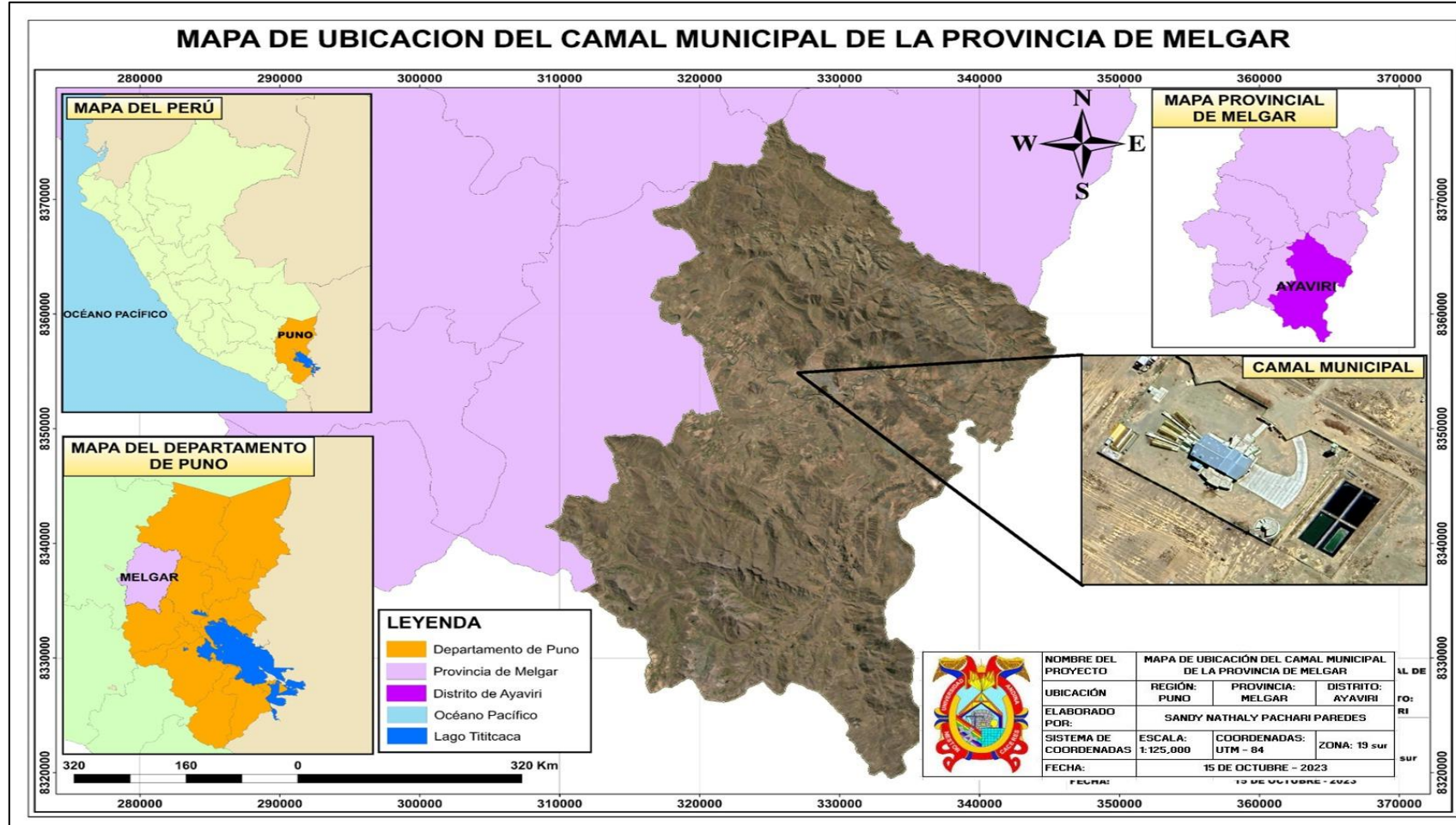
Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042		Leyenda	
GRUPO	SUB-GRUPO	F: Fecha	N: Norte
A1: Agua	SUBTERRANEA (Manantial - Tercia)	V: Vidrio	T° Mtra: Temperatura de Muestra
A2: Agua para Uso Doméstico	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL	CE: Conductividad Eléctrica	
A3: Agua para Uso Industrial	INDUSTRIA Y AGRICULTURA		
A4: Agua Salina	MINERAL (Polvo, Mica, Gresado)		
A5: Agua Salina	MAR - SALOBRES - SALINUBRA		
A6: Agua Salina	AGUA INFEROCORROSION		
A7: Agua Salina	REGULACION OSMOTICA - AGUA DE ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION		

Muestreado por:		Recepción de muestra:	
Nombre: Sandy Nathaly Pachari Paredes	Fecha: 29 de octubre del 2023.		
Firma:			

Muestreado por: LAB Cliente

Apéndice 4.

Mapa de ubicación de la zona de estudio



Apéndice 5.

Normativa Argentina para la descarga de efluentes de industrias cárnicas (camales) - NORMA TÉCNICA AMBIENTAL PARA EL SECTOR CÁRNICO DE ARGENTINA (Res. 443/03)

PARÁMETRO	COMPOSICIÓN DEL EFLUENTE SIN TRATAR	LÍMITES MÁXIMOS EXIGIDOS	LÍMITES MÁXIMOS EXIGIDOS
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	1000 - 1500 mg/L	50 mg/L	300 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2500 - 3000 mg/L	75 mg/L	375 mg/L
Sólidos en Suspensión Totales (SST)	1400 - 1600 mg/L	30 mg/L	-
pH	7 - 8	Entre 5,5 y 10	6,5 - 8,5
Temperatura	Aprox. 25 - 30°C	45°C	45°C
S.S.E.E.	300 - 600 mg/L	<100 mg/L	200mg/L

Normativa Peruana para la descarga de efluentes de camales - LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) PARA EFLUENTES DE ACTIVIDADES AGROINDUSTRIALES TALES COMO PLANTA DE CAMALES Y PLANTAS DE BENEFICIO

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
I	Generales			
1	pH	-	6,0 – 9,0	APHA 4500-H+ - B, págs. 4-90 a 4-94, 21.ª edición.2005
2	Sólidos suspendidos totales	mg/L	300	APHA 2540-D, págs. 2-58 a 2-59, 21.ª edición.2005
II	Orgánicos			
3	Demanda bioquímica de oxígeno -DBO _{5, 20 °C}	mg/L	250	APHA-AWWA-WEF-5210 B, ED. 21 TH.2005
4	Demanda química de oxígeno-DQO	mg/L	500	EPA 410.2.1999
III	Inorgánicos			
5	Fósforo total	mg/L	40	Standard methods for the examination of water and wastewater, 21 ° Edition SM 4500-P-E. 2005
6	Nitrógeno total	mg/L	50	Standard Methods for the examination of water and wastewater, Ed. 21 cap. 4500 B B. 2005

Apéndice 6.

Panel Fotográfico

Foto 1.

Toma y conservación de muestras de efluentes residuales



Foto 2.

PTAR del camal municipal de melgar



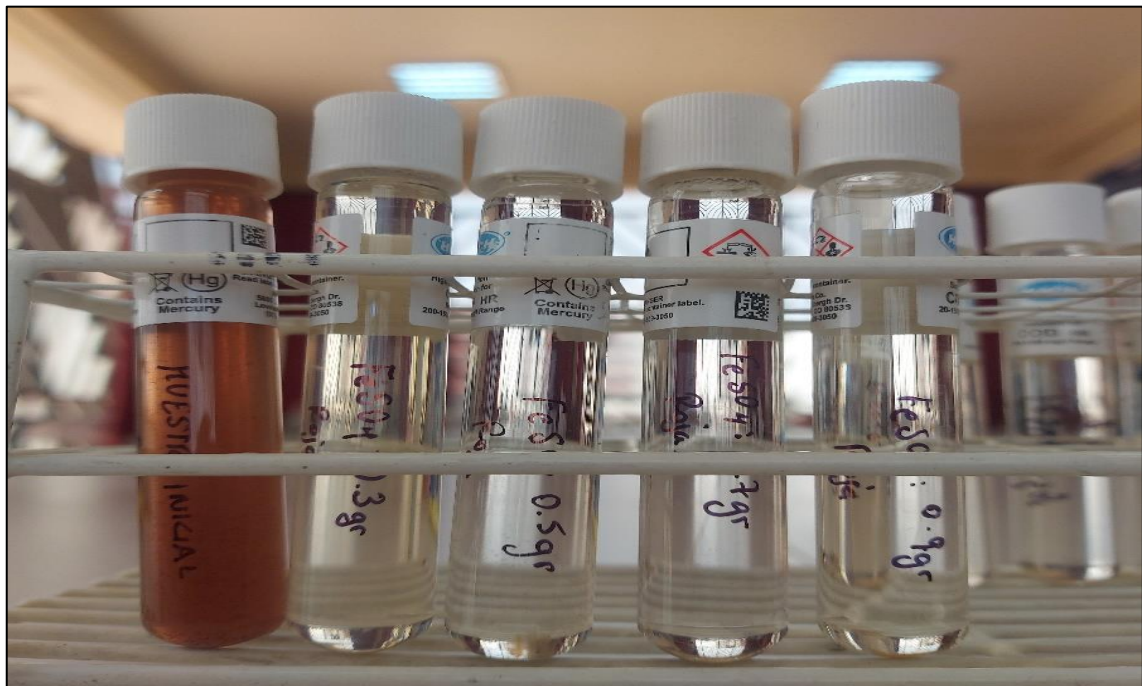
Foto 3.

Proceso Fenton en laboratorio



Foto 4.

Análisis de la DQO





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 13-12-24

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: SANDY NATHALY PACHARI PAREDES

Dirección: Dr. 8 DE NOVIEMBRE N° 728 - JULACA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73710006

Teléfono: 951871187 email: sandy.pachari.paredes@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL PROCESO FENTON EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE MELGAR 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): EVALUACIÓN, PROCESO FENTON, MATERIA ORGÁNICA, CAMAL MUNICIPAL

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1,2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

13 de diciembre del 2024

Fecha