



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

---

EFICIENCIA DE LOS PROCESOS FENTON Y FOTOFENTON EN LA REMOCIÓN  
DE LA  $DBO_5$  DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL CUSCO-2021

---

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías Limpias y Remediación

Presentado por:

Bach. ZAVALETA ESPINOZA, Shiomara

Jhamilet

Para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

Mg. Karen Melissa Garces Porras

CUSCO – PERÚ

2022



# EFICIENCIA DE LOS PROCESOS FENTON Y FOTOFENTON EN LA REMOCIÓN DE LA $[DBO]_5$ DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL CUSCO-2021

*por* Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

---

**Fecha de entrega:** 13-jun-2023 08:28a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2115248459

**Nombre del archivo:** TESIS\_FINAL\_SJZE.docx (62.06M)

**Total de palabras:** 28418

**Total de caracteres:** 150392



  
Karen Melissa Garces Porras  
M. SC. ING. PROCESOS Y MEDIO AMBIENTE  
CIP 172302



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

<sup>2</sup> FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

---

EFICIENCIA DE LOS PROCESOS FENTON Y FOTOFENTON EN LA REMOCIÓN  
DE LA  $DBO_5$  DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL CUSCO-2021

---

<sup>1</sup> LINEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías Limpias

Presentado por:

Bach. ZA VALETA ESPINOZA, Shiomara

Jhamilet

<sup>1</sup> Para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

Mg. Karen Melisa Garces Porras

<sup>3</sup> CUSCO – PERÚ

2022



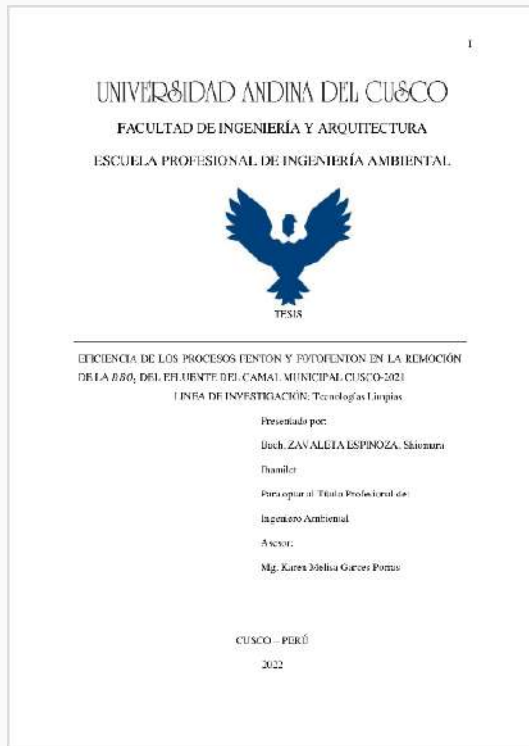


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Título del ejercicio: TESIS  
Título de la entrega: EFICIENCIA DE LOS PROCESOS FENTON Y FOTOFENTON EN L...  
Nombre del archivo: TESIS\_FINAL\_SJZE.docx  
Tamaño del archivo: 62.06M  
Total páginas: 241  
Total de palabras: 28,418  
Total de caracteres: 150,392  
Fecha de entrega: 13-jun.-2023 08:28a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2115248459





# REMOCION DE LA [(DBO)] \_5 DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL CUSCO-2021

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

3

[repositorio.uandina.edu.pe](http://repositorio.uandina.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

6

[bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

7

[repositorio.uap.edu.pe](http://repositorio.uap.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

8

[repositorio.unach.edu.pe](http://repositorio.unach.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%





## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por haberme orientado, apoyado y quien hizo posible culminar la presente investigación.*

*A la Universidad Andina del Cusco, mi sincero agradecimiento por haberme forjado durante estos 5 años, como una profesional apasionada por su carrera.*

*A mi estimada y querida asesora Mg. Karen Melissa Garcés Porras, por su apoyo, por compartir aún más su amplio conocimiento, experiencia y la paciencia brindada durante todo el desarrollo de la investigación.*

*Mi mayor gratitud a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental quienes fueron los actores directos en mi formación personal y profesional, por compartir sus densos conocimientos, experiencia y momentos emotivos.*

*A la ing. Athali Castro Peña, por su incondicional apoyo, y contribución durante la primera fase de la presente investigación.*

*A mis queridos amigos y amigas, por su apoyo, motivación brindada y amistad sincera.*

**SHIOMARA JHAMILET ZAVALETA ESPINOZA**



## DEDICATORIA

*A Dios por ser mi guía y mi mejor compañía, en el logro de mis objetivos y en superar  
obstáculos.*

*A mis queridos padres, por su apoyo y contribución incondicional, que demostraron siempre  
en mi vida.*

*A mis pequeñas hermanas Shiamira y Shiamely, quienes me tuvieron paciencia y respetaron  
el tiempo que muchas veces deje de compartir con ellas.*

*A toda mi familia, por el cariño, confianza, comprensión y en agradecimiento a tantos años  
que me acompañaron y me motivaron para cumplir mis sueños.*

**SHIOMARA JHAMILET ZA VALETA ESPINOZA**



## ÍNDICE

1.	CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Planteamiento del Problema .....	1
1.2.	Formulación del Problema .....	2
1.2.1.	Problema general .....	2
1.2.2.	Problemas específicos .....	2
1.3.	Justificación.....	3
1.3.1.	Conveniencia .....	3
1.3.2.	Relevancia social .....	3
1.3.3.	Implicancias prácticas .....	4
1.3.4.	Valor teórico.....	4
1.3.5.	Utilidad metodológica .....	5
1.4.	Objetivos de la Investigación .....	5
1.4.1.	Objetivo general .....	5
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Delimitación del estudio.....	5
1.5.1.	Delimitación espacial .....	5
1.5.2.	Delimitación temporal .....	6
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1.	Antecedentes de la Investigación .....	7
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	7
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3.	Antecedentes locales .....	11
2.2.	Bases Teóricas.....	11
2.2.1.	Camal o matadero.....	11
2.2.2.	Características del camal municipal de Cusco .....	12
2.2.3.	Agua residual del camal .....	12
2.2.4.	Contaminación del agua por efluentes del camal .....	14
2.2.5.	Índice de biodegradabilidad de un efluente.....	15
2.2.6.	Principales parámetros indicadores de contaminación.....	16
2.2.7.	Procesos de Oxidación Avanzada (POAs) .....	17
2.2.7.1	Proceso Fenton .....	18
2.2.7.2	Proceso Fotofenton UV .....	21
2.2.8	Diseño de experimentos .....	26
2.2.8.1	Diseño de Box-Behnken.....	26
2.3	Marco Conceptual .....	27





2.4	Hipótesis.....	28
2.4.1	Hipótesis general .....	28
2.4.2	Hipótesis específicas .....	28
2.5	Variables e indicadores .....	28
2.5.1	Identificación de Variables.....	28
2.5.2	Operacionalización de Variables.....	28
3	CAPÍTULO III: MÉTODO .....	31
3.1	Alcance del estudio .....	31
3.2	Diseño de la investigación.....	32
3.3	Población.....	56
3.4	Muestra.....	56
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	63
3.6	Validez y Confiabilidad de los Instrumentos .....	71
3.7	Plan de análisis de datos.....	71
4	CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	74
4.1	Resultados respecto a los objetivos específicos .....	74
4.2	Resultados respecto al objetivo general .....	104
5	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	106
5.1	Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos.....	106
5.2	Limitaciones del estudio.....	107
5.3	Comparación crítica con la literatura existente .....	108
5.4	Implicancias del estudio .....	112
C.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	113
D.	REFERENCIAS.....	116
E.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	123
F.	VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS .....	134



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Caracterización de las aguas residuales del camal</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>Biodegradabilidad de un vertido</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>Ventajas y desventajas del Proceso Fenton</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4</i>	<i>Ventajas e inconvenientes del Proceso Fotofenton</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5</i>	<i>Tipo de radiación UV</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6</i>	<i>Operacionalización de variables</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7</i>	<i>Niveles de concentración del catalizador</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8</i>	<i>Diseño Box-Behnken de los parámetros de Proceso-Fenton</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9</i>	<i>Matriz de experimentación -Proceso Fenton</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 10</i>	<i>Niveles de los parámetros del proceso Fotofenton</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 11</i>	<i>Matriz de experimentación Box Behnken para el proceso Fotofenton</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 12</i>	<i>Coordenadas de ubicación del PM-1</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 13</i>	<i>Cálculo de volumen de cada alícuota - Proceso Fenton</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 14</i>	<i>Cálculo del volumen de cada alícuota-Proceso Fotofenton</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 15</i>	<i>Consideraciones para la toma de muestra de DBO y DQO</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 16</i>	<i>Procedimientos para la toma de muestra</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 17</i>	<i>Métodos estandarizados para los análisis</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 18</i>	<i>Equipos para la medición de parámetros en campo</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 19</i>	<i>Materiales de campo</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 20</i>	<i>Equipos de protección personal</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 21</i>	<i>Instrumentos y equipos empleados en el proceso Fenton</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 22</i>	<i>Instrumentos y equipos empleados en el proceso Fotofenton</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 23</i>	<i>Materiales de laboratorio</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 24</i>	<i>Reactivos químicos para pruebas experimentales</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 25</i>	<i>Equipos de protección personal</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 26</i>	<i>Plan de análisis de datos</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 27</i>	<i>Registro de parámetros en campo - Muestreo Proceso Fenton</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 28</i>	<i>Valores de la DBO y pH del efluente - Proceso Fenton</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 29</i>	<i>Resultados de la medición de parámetros en campo - Proceso Fotofenton</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 30</i>	<i>Valores de la DBO y pH del efluente - Proceso Fotofenton</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 31</i>	<i>Valores de la DBO y DQO antes del Proceso Fenton</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 32</i>	<i>Valores de la DBO y DQO antes del Proceso Fotofenton</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 33</i>	<i>Resultados de laboratorio - Proceso Fenton</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 34</i>	<i>Eficiencia de remoción de la DBO del efluente -Proceso Fenton</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 35</i>	<i>Prueba de normalidad – Proceso Fenton</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 36</i>	<i>Prueba de hipótesis - Proceso Fenton</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 37</i>	<i>Análisis de Varianza para remoción de DBO5 – Proceso Fenton</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 38</i>	<i>Valores óptimos de los factores intervinientes – Proceso Fenton</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 39</i>	<i>Resultados de Laboratorio-Proceso Fotofenton</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 40</i>	<i>Eficiencia de remoción de la DBO del efluente - Proceso Fotofenton</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 41</i>	<i>Prueba de normalidad - Proceso Fotofenton</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 42</i>	<i>Prueba de hipótesis - Proceso Fotofenton</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 43</i>	<i>Análisis de Varianza para remoción de DBO - Proceso Fotofenton</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 44</i>	<i>Valores óptimos de concentraciones - Proceso Fotofenton</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 45</i>	<i>Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción del efluente del camal municipal de Cusco, 2022</i>	<i>105</i>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Mecanismo de reacción del Proceso Fotofenton .....	22
<i>Figura 2</i> Representación del diseño de Box-Behnken.....	26
<i>Figura 3</i> Prueba preexperimental-Proceso Fenton .....	34
<i>Figura 4</i> Prueba preexperimental 2,3 y 4-Proceso Fenton .....	35
<i>Figura 5</i> Ajuste del pH de la muestra .....	38
<i>Figura 6</i> Ajuste de la muestra a pH 3 .....	38
<i>Figura 7</i> Pesado de sulfato ferroso heptahidratado .....	38
<i>Figura 8</i> Sulfato ferroso heptahidratado añadido a las muestras de tratamiento.....	39
<i>Figura 9</i> Tratamiento de las muestras -Proceso Fenton.....	40
<i>Figura 10</i> Neutralización de las muestras .....	40
<i>Figura 11</i> Precipitación de las muestras .....	41
<i>Figura 12</i> Filtrado de las muestras después del tratamiento.....	42
<i>Figura 13</i> Almacenamiento y transporte de las muestras a laboratorio .....	42
<i>Figura 14</i> Secado de lodos generados después del tratamiento .....	43
<i>Figura 15</i> Pesado de las muestras de lodo .....	43
<i>Figura 16</i> Esquema del Proceso Fenton.....	44
<i>Figura 17</i> Pruebas de preexperimentación-Proceso Fotofenton.....	45
<i>Figura 18</i> Prueba preexperimental 1,2,3 y 4- Proceso Fotofenton .....	46
<i>Figura 19</i> Montaje del fotoreactor.....	50
<i>Figura 20</i> Ajuste del pH a un valor 3.....	50
<i>Figura 21</i> Pesado de la cantidad necesaria de sulfato ferroso heptahidratado.....	51
<i>Figura 22</i> Adición de sulfato ferroso al fotoreactor .....	51
<i>Figura 23</i> Encendido de la lámpara UV .....	52
<i>Figura 24</i> Aislamiento del fotoreactor.....	52
<i>Figura 25</i> Ajuste del pH de la muestra después del tratamiento .....	53
<i>Figura 26</i> Filtrado de las 15 muestras-Proceso Fotofenton.....	53
<i>Figura 27</i> Almacenamiento y transporte de las muestras laboratorio .....	54
<i>Figura 28</i> Secado de lodos generados en el Proceso Fotofenton.....	54
<i>Figura 29</i> Pesado de lodos generados en el Proceso .....	55
<i>Figura 30</i> Esquema del Proceso Fotofenton.....	55
<i>Figura 31</i> Ubicación del punto de monitoreo .....	57
<i>Figura 32</i> Mapa de Monitoreo - Efluente del Camal Municipal de Cusco.....	58
<i>Figura 33</i> Diagrama Procedimental para la toma de muestra.....	63
<i>Figura 34</i> Flujograma de las etapas de experimentación.....	72
<i>Figura 35</i> Medición del pH de la muestra para tratamiento Fenton.....	76
<i>Figura 36</i> Medición de pH de la muestra para tratamiento-Proceso Fotofenton .....	78
<i>Figura 37</i> Cantidad de lodos generados después del proceso Fenton .....	83
<i>Figura 38</i> Comparación del proceso Fenton .....	86
<i>Figura 39</i> Diagrama de Pareto – Proceso Fenton .....	88
<i>Figura 40</i> Efectos principales para remoción de DBO5.....	89
<i>Figura 41</i> Superficie de respuesta estimada - Proceso Fenton .....	89
<i>Figura 42</i> Superficie de repuesta estimada-Proceso Fenton.....	90
<i>Figura 43</i> Superficie de respuesta estimada-Proceso Fenton .....	90
<i>Figura 44</i> Diagrama de Contornos de la Superficie de Respuesta-Proceso Fenton.....	91
<i>Figura 45</i> Diagrama de Contornos de Superficie de Respuesta-Proceso Fenton.....	91
<i>Figura 46</i> Cantidad de lodos generados después del Proceso Fotofenton.....	94
<i>Figura 47</i> Evaluación de la temperatura durante el Proceso Fotofenton.....	95
<i>Figura 48</i> Comparación del Proceso Fotofenton .....	98



<i>Figura 49</i> Diagrama de Pareto - Proceso Fotofenton.....	100
<i>Figura 50</i> Efectos principales para remoción de DBO5- Proceso Fotofenton.....	101
<i>Figura 51</i> Superficie de respuesta estimada - Proceso Fotofenton.....	101
<i>Figura 52</i> Superficie de respuesta estimada - Proceso Fotofenton.....	102
<i>Figura 53</i> Superficie de respuesta estimada - Proceso Fotofenton.....	102
<i>Figura 55</i> Diagrama de Contornos de la Superficie de Respuesta-Proceso Fotofenton.....	103
<i>Figura 54</i> Diagrama de Contornos de la Superficie de Respuesta-Proceso Fotofenton.....	103



## ACRÓNIMOS

<b>ANA</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>COT</b>	Carbono Orgánico Total
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>DIGESA</b>	Dirección General de Salud
<b>ECA</b>	Estándar de Calidad Ambiental
<b>IB</b>	Índice de Biodegradabilidad
<b>LMP</b>	Límites Máximos Permisibles
<b>MINAGRI</b>	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
<b>NTU</b>	Unidad Nefelométrica de Turbidez
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>POA</b>	Procesos de Oxidación Avanzada
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>TDS</b>	Sólidos Totales Disueltos
<b>UV</b>	Ultravioleta



## RESUMEN

Las actividades de faenado en el camal de Cusco requieren de gran consumo de agua y, por consiguiente, generan aguas residuales con alta carga orgánica cuya disposición representa un problema ambiental. Por esta razón, la presente tesis tiene como finalidad comparar la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del camal municipal de Cusco. En primer lugar, se realizó una evaluación, seguimiento y análisis de las características físicas, flujo volumétrico y tipos de residuos, tanto sólidos como líquidos presentes en el efluente correspondiente a cada etapa del proceso de faenamiento registrado en las bitácoras de observación N°1, 2, 3 y 4. Se realizó un diagnóstico del punto de muestreo previamente al trabajo en campo, cuya metodología y procedimientos de toma de muestra estuvo determinada por el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales-RJ.010-2016-ANA”, en consecuencia, dicha muestra compuesta se utilizó para la caracterización fisicoquímica y análisis en laboratorio de la DBO y DQO inicial, así como también para las pruebas experimentales. En relación, a la etapa de gabinete se utilizó el diseño Box–Behnken para la matriz de distribución de los 30 experimentos con sus respectivos niveles de los parámetros como son:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $H_2O_2$  y pH. En la etapa de laboratorio, se realizaron diferentes pruebas preexperimentales, en referencia al proceso Fenton se utilizó un test de jarras en modo discontinuo por lotes, con una velocidad de 150 rpm en un tiempo de reacción de 1 hora; no obstante, en el proceso Fotofenton se empleó agitadores magnéticos y se acondicionó adecuadamente el fotoreactor con una lámpara UV-C (254 nm). Los resultados alcanzados en la investigación con respecto al proceso Fenton indica una remoción máxima del 93.96% de la DBO, mientras que el proceso Fotofenton alcanzó un valor máximo del 94.63% de remoción de la DBO del efluente del camal.

**Palabras clave:** camal, aguas residuales, proceso Fenton, Fotofenton, remoción,  $DBO_5$



## ABSTRACT

Slaughtering activities in the Cusco slaughterhouse require large consumption of water and, therefore, generate wastewater with a high organic load, the disposal of which represents an environmental problem. For this reason, the purpose of this thesis is to compare the efficiency of the Fenton and Fotofenton processes in the removal of  $DBO_5$  from the effluent of the municipal slaughterhouse of Cusco. In the first place, an evaluation, monitoring and analysis of the physical characteristics, volumetric flow and type of solid and liquid waste present in the effluent corresponding to each stage of the slaughter process registered in the observation logs No. 1, 2, 3 and 4. A diagnosis of the sampling point was made prior to field work, whose methodology and sampling procedures were determined by the "National Protocol for Monitoring the Quality of Superficial Water Resources- RJ.010-2016 -ANA. Consequently, said composite sample was used for the respective analysis of the initial DBO and DQO, as well as for the experimental tests. In relation to the cabinet stage, the Box - Behnken design was used for the distribution matrix of the 30 experiments with their respective levels of parameters such as:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $H_2O_2$  and pH. In the laboratory stage, different pre-experimental tests were carried out, referring to the Fenton process, a jar test was produced in discontinuous batch mode, with a speed of 150 rpm in a reaction time of 1 hour; however, in the Fotofenton process, magnetic stirrers were used and the photoreactor was adequately conditioned with a UV-C lamp (254 nm). The results achieved in the investigation regarding the Fenton process indicate a 93.96% removal of BOD, while the Fotofenton process achieved the removal of 94.63% of BOD from the slaughterhouse effluent.

**Keywords:** slaughterhouse, wastewater, Fenton process, Fotofenton, removal, DBO



## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

Hasta el año 2016, fueron definidas 41 unidades hidrográficas que sobrepasan el indicador de calidad ambiental para agua (ECA), efectuados por la Autoridad Nacional del Agua, esto debido principalmente por, las descargas de aguas residuales procedentes de actividades productivas, domésticas y urbanas; de dichas fuentes de contaminación, la principal la constituye las descargas de aguas residuales municipales, puesto que, las diversas actividades cotidianas en los núcleos urbanos deterioran la calidad del recurso hídrico. (MINAGRI-ANA, 2016)

A su vez, la disposición de las aguas residuales provenientes de los camales privados o municipales constituyen puntos álgidos de contaminación hídrica puesto que, estos efluentes contienen sangre, rumen, pelos, grasas y proteínas. Por esta razón, dichas aguas residuales tienen una alta carga orgánica, altos valores en la DBO, nutrientes, sólidos en suspensión, aceites y grasas que representan un foco de contaminación cuando son vertidas a un cuerpo hídrico, afectando al ecosistema y a la salud pública. (Briceño & Castillo,2009)

En consecuencia, el incremento de la carga orgánica en el efluente trae consigo la disminución del oxígeno disuelto en el cuerpo receptor; la presencia elevada de nitrógeno que también afecta en el rendimiento de los sistemas de tratamiento y posibilita la eutrofización del cuerpo hídrico. (Briceño & Castillo,2009)

En el caso del camal municipal de Cusco, este se encuentra localizado en el distrito de San Jerónimo, dicha instalación garantiza el abastecimiento de carne a la población cusqueña. En este camal, se realiza el faenado del ganado vacuno, y cuyas actividades comprende: lavado de los animales, desangrado, limpieza del producto cárnico, lavado de menudencias y también la limpieza de sus instalaciones. No obstante, dichas actividades requieren de gran consumo de agua y por consiguiente, generan aguas residuales con alta carga orgánica cuya disposición





representa un problema ambiental, esto porque al ser descargado al río Huatanay directamente y sin previo tratamiento, desencadena una serie de impactos ambientales como son: mayor grado de alteración en la composición de las aguas del río Huatanay, presencia de vectores, olores fétidos, impacto visual negativo y la generación de residuos en la ribera del río.

Además, considerando que los mataderos deben contar con un sistema de tratamiento de efluentes adecuado y cuya capacidad de tratar cubra todo el volumen generado en dicha actividad (D.S N°015-2012-AG) es necesario la aplicación de un tratamiento eficiente y adecuado al tipo de efluente generado en el camal.

A pesar de ello, el desinterés por el control y tratamiento de los efluentes convirtió esta actividad en un problema ambiental; frente a ello los procesos de oxidación Fenton y Fotofenton son alternativas de tratamiento favorables y convenientes para la oxidación de compuestos orgánicos hasta lograr la mineralización de los contaminantes; con la finalidad de reducir la DQO y COT en las aguas residuales. (Monge, Silva, & Bengoa, 2014)

## **1.2. Formulación del Problema**

### ***1.2.1. Problema General***

¿Cuál es la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal de Cusco 2021?

### ***1.2.2. Problemas Específicos***

**PE-1:** ¿Cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos del efluente del camal Municipal de Cusco?

**PE-2:** ¿Cuál es el grado de biodegradabilidad del efluente del camal Municipal de Cusco?

**PE-3:** ¿Cuál es la eficiencia de remoción de la DBO en el efluente del camal empleando proceso Fenton?

**PE-4:** ¿Cuál es la eficiencia de remoción de la DBO en el efluente del camal empleando proceso Fotofenton?



### **1.3. Justificación**

La realización del presente estudio de investigación tiene como motivación el poder aportar en la remediación de la contaminación hídrica que representa el efluente del camal municipal, del mismo modo, es de satisfacción personal el investigar, desarrollar y aplicar los procesos Fenton y Fotofenton como posible solución al problema socioambiental que representa la descarga del efluente. A continuación, se expondrá la relevancia de la siguiente investigación:

#### ***1.3.1. Conveniencia***

Si bien, el camal Municipal de Cusco garantiza la provisión de carne a la población cusqueña; la prestación de servicios de faenado de animales propias del camal constituye un problema ambiental, esto, a causa de la generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos los cuales son emitidos directamente al ambiente.

Por ello, es de gran importancia la presente investigación como una alternativa eficiente de tratamiento que reduce la carga contaminante de este tipo de efluente y así, poder aminorar el impacto ambiental que ocasiona en el medio natural y a la población; siendo una opción alternativa para la Municipalidad Provincial de Cusco puesto que, dicho organismo debe ocuparse del tratamiento del efluente del camal y, a su vez, será beneficioso para la población circundante y la población río abajo, quienes utilizan el agua del río Huatanay para el riego de sus cultivos.

#### ***1.3.2. Relevancia Social***

Los procesos Fenton y Fotofenton, representan una alternativa prometedora para el tratamiento de las aguas residuales del camal Municipal de Cusco. En ese sentido, al tratar los efluentes del camal se generarían impactos positivos en la salud y el bienestar de la población tales como: la minimización del foco infeccioso que representa el punto de descarga del efluente del camal; de tal manera que se reduciría la proliferación de vectores y emanación de



olores. Por otro lado, se minimizaría el riesgo sanitario aguas abajo del punto de descarga del efluente, esto porque, la población aledaña podría utilizar sin peligro el agua del río Huatanay para sus actividades de riego, así como también, se prevendría las enfermedades gastrointestinales por el consumo de dichos productos.

### ***1.3.3. Implicancias Prácticas***

Los procesos Fenton y Fotofenton presentan una alta efectividad en la reducción de la carga orgánica del efluente, el cual al ser comprobada en laboratorio podría sostenerse como una alternativa de tratamiento para efluentes con características similares ampliando así, la aplicación de estos tratamientos en la depuración de efluentes provenientes de los camales o mataderos.

A su vez, son eficaces en el tratamiento de aguas residuales de diferentes actividades industriales de las cuales se han obtenido resultados significativos, esto a razón de la capacidad de oxidación que poseen estos tratamientos para la depuración de compuestos tóxicos, recalcitrantes, emergentes el cual no se podría lograr por medio de tratamientos biológicos.

### ***1.3.4. Valor teórico***

Debido a la contaminación ambiental que representan las descargas residuales del camal municipal de Cusco, es de importancia e interés científico, social y ambiental realizar investigaciones de tratamientos eficientes para este tipo de efluente tales como: los procesos Fenton y Fotofenton.

En ese sentido, con la aplicación de estos tratamientos se demuestra su capacidad oxidativa en busca de la mineralización de la carga contaminante o su degradación del efluente, siendo así, la remoción de la DBO una variable relevante para la medición, determinación y comparación de la eficiencia que tiene el proceso Fenton frente al proceso de tratamiento Fotofenton, contribuyendo al enriquecimiento teórico y ampliando la aplicación de estos tipos de tratamiento en efluentes provenientes de actividades de camal.



### ***1.3.5. Utilidad metodológica***

El estado actual de la contaminación evidenciada en el punto de descarga del efluente, permite investigar otros tipos de tratamientos que sean más efectivos en la remoción de la carga orgánica. En el presente estudio la metodología aplicada en campo consistió en la recolección y toma de muestra representativa, a su vez, la metodología en laboratorio consistió en la realización de diferentes experimentos para tratar el efluente del camal mediante los procesos Fenton y Fotofenton.

## **1.4. Objetivos de la Investigación**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Comparar la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la DBO del efluente del Camal Municipal de Cusco, 2021.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

**OE-1:** Determinar los valores fisicoquímicos del efluente del camal Municipal de Cusco, 2021.

**OE-2:** Analizar el grado de biodegradabilidad del efluente del camal Municipal de Cusco, 2021.

**OE-3:** Evaluar la eficiencia de remoción de la DBO del efluente del camal empleando el proceso Fenton.

**OE-4:** Evaluar la eficiencia de remoción de la DBO del efluente del camal empleando proceso Fotofenton.

## **1.5. Delimitación del estudio**

### ***1.5.1. Delimitación Espacial***

El estudio se ejecutó en la zona de vertimiento del efluente del camal Municipal de Cusco ubicado en el distrito de San Jerónimo, lugar del cual se tomaron las muestras. A su vez, el estudio se efectuó también en laboratorio, donde se elaboraron los reactores para los procesos



Fenton y Fotofenton, las pruebas de experimentación y determinación de los niveles de DBO de las muestras tanto antes como después de aplicarse el tratamiento.

### ***1.5.2. Delimitación Temporal***

La planificación de la investigación se empezó a ejecutar en el primer semestre del año 2022 y el desarrollo de la investigación se ejecutó en el segundo semestre del presente año.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Behrouzeh, y otros, 2022) en su investigación “APPLICATION OF PHOTO-FENTON, ELECTRO-FENTON, AND PHOTO-ELECTRO-FENTON PROCESSES FOR THE TREATMENT OF DMSO AND DMAC WASTEWATERS”, emplearon aguas residuales sintéticas con contenido de compuestos orgánicos (DMSO y DMAC). La metodología experimental del estudio fue aplicada similarmente para los 3 tipos de tratamiento, primero inició con la preparación de 1L de muestra, después se realizó el ajuste del pH = 3 con  $H_2SO_4$  para continuar agregando dosis óptimas del reactivo Fenton en un reactor con agitación constante por el lapso de 120 min. A su vez, para el proceso Fotofenton se añadió al reactor las lámparas UV, en el caso del proceso Electro-Fenton se inició la reacción al estar fijados los electrodos, cuyas corrientes aplicadas fueron 0,25; 0,5 y 1,2; y por último, para la toma de muestras después del tratamiento, se neutralizó y detuvo la reacción Fenton mediante el ajuste de pH utilizando el hidróxido de sodio añadiéndolo gradualmente hasta llegar a un pH 7, concluido ello, se separó los precipitados de hidróxido de hierro mediante el filtrado del sobrenadante de las muestras. Dentro de los resultados de la investigación, se obtuvo una degradación máxima del 98.64% correspondiente al efluente con contenido de DMSO y concentración final de 256.8 mg/L de COT respectivamente. De igual modo, la degradación de DMAC fue hasta el 96.31% y una concentración final de 10.03 mg/L de COT. Por lo cual, el estudio concluyó con la alta efectividad del proceso electrofenton para la eliminación de DMSO y DMAC en comparación a los resultados obtenidos con respecto a los otros tratamientos.



(Arroyo Vanegas, 2019) en su investigación “REMOCIÓN DE DQO EN UN EFLUENTE DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS MEDIANTE UN PROCESO FOTOFENTON”, empleó el efluente de una industria de alimentos cuyos valores iniciales de DQO corresponde a 4028 mg  $O_2$ /L y 1960 mg/L de DBO. En la experimentación realizada en laboratorio, logró alcanzar el 80% de remoción de la DQO en relación al valor inicial, cuyas condiciones óptimas de concentración:  $H_2O_2 = 12,5$  g/L,  $Fe^{2+} = 0.67$  g/L, en medio ácido pH=3 y en un tiempo de exposición a la radiación UV de 2.5 horas.

(García Leiva, 2016) en su trabajo de investigación intitulado” DEGRADACIÓN DE XANTATO EN EFLUENTES POR OXIDACIÓN CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO, PROCESOS FENTON Y FOTO-FENTON”, utilizó un efluente sintético de xantato con una concentración de  $C_2H_5OCS_2^- = 100$  mg/L. Las condiciones de experimentación para el proceso Fenton fueron determinadas a partir de las siguientes razones molares: [xantato]:[ $H_2O_2$ ]=1:14, y [ $Fe^{2+}$ ]:[ $H_2O_2$ ]= 0:40 a 1:40; a su vez, las condiciones en laboratorio del proceso Fotofenton fueron las mismas e incluyendo las siguientes: fuente LED con una longitud de onda mayor a 400 nm y el rango de la radiación incidente = 0 a 30  $mW/cm^2$ . Los resultados obtenidos demuestran una eficiencia del 99% de degradación de xantato de etilo a pH=5, irradiancia de 30  $mW/cm^2$ , [ $Fe^{2+}$ ]:[ $H_2O_2$ ]= 1:40 y en sólo 5 minutos, esto debido a la sinergia entre los iones metales ferrosos con el peróxido de hidrógeno según afirma el autor. Sin embargo, en la aplicación del proceso Fotofenton se concluyó que la irradiancia no presentó influencia dentro del proceso debido al corto tiempo de eliminación (5 min) del xantato.

(Páramo Vargas, 2015) llevó a cabo la siguiente investigación: “TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE UN RASTRO MUNICIPAL MEDIANTE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA TIPO FENTON”, en el cual empleó el efluente de un rastro municipal con valores de DBO = 205 mg/L y DQO = 1159 mg/L, obteniendo 83% y 85% de remoción de DQO correspondiente a los tratamientos Fenton y Fotofenton respectivamente.



(Segovia, 2020) desarrolló la investigación “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FOTO-FENTON CON LUZ ARTIFICIAL A DIFERENTES POTENCIAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA”, realizó la caracterización físico-química y biológica de la muestra en estudio, aplicó el método Fenton en 12 pruebas de 1L de muestra para determinar las condiciones óptimas del proceso:  $Fe^{2+}$  (100 – 400 ) mg/L,  $H_2O_2$  (4500 – 6000) mg/L y pH= 2-3.5, adicional a ello en el proceso Fotofenton empleó lámparas UV de 10, 20 y 40 watts. Los resultados de su investigación determinaron que, para reducir en un 96.37 % de DBO se debe utilizar 331,50 mg/L de  $Fe^{2+}$ , 5537 mg/L de  $H_2O_2$ , pH de 3 y lámpara de 40 watts de potencia.

(Anotaia, Ming Chun, & Chewpreechaa, 2006) en su artículo de investigación “KINETICS OF ANILINE DEGRADATION BY FENTON AND ELECTRO-FENTON PROCESSES “, siendo su procedimiento experimental la preparación de la anilina a las concentraciones planteadas, ajustando su pH a un valor de 2 con  $HClO_4$  para ambos tratamientos. Seguidamente, se emplearon 5 L de muestra en el reactor y en agitación constante, en el caso del electrofenton, se descargaba 4 amperios constantemente en el reactor, posteriormente se agregó 0.005, 0.01 o 0.05 M de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , seguidamente el  $H_2O_2$  fue añadido en intervalos de 20 minutos en las siguientes concentraciones 0,20; 0,30 o 0.44M. Para finalizar se tomó la muestra e inmediatamente se añadió una solución de  $NaOH$  hasta elevar su pH a 10 y se filtró para realizar el análisis respectivo a la solución. La investigación concluye que, la utilización de la corriente eléctrica puede mejorar la eficiencia de degradación de la anilina y la velocidad del proceso Fenton.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

(Montero del Águila, Orrego Zapo, & Uriarte Tirado, 2018). En el informe de investigación titulado “APLICACIÓN DEL PROCESO FENTON PARA DEGRADAR AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL DE CHOTA”, manifiesta que el proceso Fenton





demostró una reducción a 0.5 el valor de la biodegradabilidad; y un 80% de remoción de la DQO en 18 minutos de reacción y con los siguientes valores de concentración: 2110,55 mg/L, 1092,67 mg/L y 3,22 para el  $FeSO_4$ ,  $H_2O_2$  y pH respectivamente.

(Menéndez, 2018). En su tesis titulada “REDUCCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LACTOSUERO MEDIANTE EL PROCESO FENTON”, determinó como las condiciones óptimas para el proceso los siguientes valores:  $H_2O_2= 30,84$  g, sal de  $Fe^{2+}= 3,65$  g (reactivo Fenton) en 43,84 minutos de tratamiento, a un pH comprendido entre 2,8 - 3 y a 15 °C. Los resultados obtenidos en el estudio, muestran que el tratamiento mediante el proceso Fenton logró porcentajes importantes de disminución de DQO = 78,93 %, ST = 73,20 %, SV = 84,40 %, STD = 63,45% y 63,35 % para la conductividad eléctrica.

(Yaranga Montañez, 2021) desarrolló la investigación intitulada “EFICIENCIA DE LA OXIDACIÓN FENTON Y FOTOFENTON EN LA REMOCIÓN DE DQO EN LIXIVIADOS DEL BOTADERO“EL PORVENIR”, DISTRITO DE EL TAMBO, HUANCAYO-JUNÍN, primeramente determinó las características fisicoquímicas del lixiviado con valores de DBO = 9058 mg/L y DQO= 55818 mg/L, una vez recolectada la muestra se efectuaron las diferentes pruebas de experimentación según los siguientes parámetros: rango de  $H_2O_2= 400 -800$  mg/L,  $FeSO_4 = 200$  mg/L en condiciones ácidas pH = 3 y 4. Los resultados obtenidos en la investigación, demuestran una eficiencia del 56.66% mediante el tratamiento Fenton y el 90.68% con respecto al tratamiento Fotofenton.

(Robles Kquerare & Cevallos Villegas, 2021) en su tesis intitulada “SISTEMA FOTOFENTON Y ADSORCIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNAC”, utilizó un diseño factorial para evaluar el efecto en la remoción de la DQO a partir del  $H_2O_2$  y  $FeSO_4$ . Los tratamientos que aplicó para el Fotofenton siguieron las siguientes concentraciones de  $H_2O_2 = 10, 15$  y 20 ml/L,  $FeSO_4 = 100,$



150 y 200 mg/L, pH= 2.88 y lámpara UV de 16 watts, obteniendo como resultado una remoción máxima del 99.46% de remoción de DQO en 2 horas tratamiento.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

(Pacco Illa & Reyes Rojas, 2020) en su investigación “EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN AVANZADA DE AGUA CONTAMINADA CON SANGRE EN UN REACTOR BATCH DE BURBUJEO”, empleó como muestra de estudio el efluente proveniente de un matadero de pollos logrando remover el 73 % de la DBO y hasta un valor máximo de turbiedad de 180 NTU con las siguientes condiciones de experimentación: 150 ml/min de flujo de aire, 45 mg/L de  $H_2O_2$  y a 150 rpm de agitación. Las conclusiones que conlleva esta investigación, indican que tanto el flujo de aire como la velocidad de agitación no intervienen en la reducción de la turbiedad, a su vez, la disminución del pH al culminar el tratamiento, es a causa, de la mineralización de la carga orgánica.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Camal o matadero**

El camal o conocido también como matadero es un establecimiento idóneo para la ejecución de las actividades que contempla el faenado de animales de abasto, este se caracteriza por las condiciones higiénico-sanitarias y porque cuenta con la autorización de SENASA; así lo define el reglamento sanitario del faenado de los animales de abasto (D.S.015-2012-AG).

En tal sentido, la actividad que se realiza en un camal es la de producir carne preparada empleando técnicas higiénicas, donde se manipula y sacrifica a los animales. Dicha instalación facilita la inspección de la carne, para así, evitar el peligro de consumir carne infestada y, a su vez, facilite el manejo adecuado de los residuos generados en esta actividad para evitar contaminar el ambiente. Cabe resaltar que, los mataderos se clasifican según su administración en: cooperativas de productores, empresa comercial privada y de la administración municipal. (Veall, 1993).



### **2.2.2. Características del camal municipal de Cusco**

El camal municipal de Cusco se encuentra localizado en el distrito de San Jerónimo, en el departamento y provincia de Cusco, corresponde a una clasificación Tipo II que indica que la capacidad de las instalaciones del camal contempla el abastecimiento de carne hasta para consumo nacional y cuyas actividades realizadas abarca el faenado de bovinos y menudencias. (D.S.015-2012-AG).

El proceso de faenamamiento de ganado en el camal municipal del Cusco contempla las siguientes actividades: inicia con la recepción de animales, luego pasa a una inspección ante mortem de ganado en el cual se genera estiércol, seguidamente continúa con el proceso de lavado del ganado para retirar restos de polvo y estiércol, luego sigue el aturdimiento del animal, para proseguir con el degollamiento en el cual se genera grandes cantidades de sangre. En el proceso de desollado se obtienen cueros, cabeza del animal, entre otros que son almacenados en otro ambiente, posteriormente se pasa a la evisceración generándose viseras, sangre, contenido ruminal y estiércol, finalmente se realiza la inspección post mortem y al despacho del canal. En consecuencia, las aguas residuales generadas durante este proceso van a un colector principal para luego ser vertido directamente y sin previo tratamiento al río Huatanay. (Ver Anexo N°01)

### **2.2.3. Agua residual del camal**

En el camal se generan aguas residuales en los diferentes procesos, uno de sus constituyentes es la sangre; el residuo líquido de mayor impacto por su alta carga orgánica y concentraciones, que aporta por cada litro de sangre valores de DBO correspondiente a 150 000-200 000 mg/L hasta 405 000 mg/L en casos extremos, además de presentar alta carga de nitrógeno. Esto se debe, a los residuos sólidos que no son separados antes del lavado de la planta, lavado de corrales, derrames de sangre fuera de la noria de recolección y demás, que contribuye significativamente a la carga orgánica en el efluente. (Nuñez & Bustamante, 2012)



Adicionalmente, las aguas residuales de los camales están compuestos por orina, heces, sangre, lavazas, grasa, alimentos no digeridos y agua; con presencia de ácidos orgánicos volátiles, aminas y otros compuestos orgánicos nitrogenados. (Gonzales & Apanu, 2016)

### 2.2.3.1 Composición de las aguas residuales del camal

En los centros de sacrificio animal se generan sustancias y elementos tales como: sangre, grasas y estiércol durante las diferentes etapas del proceso de faenamiento. Por consiguiente, el efluente del camal presenta valores elevados de materia orgánica ( $DBO_5$  - DQO), sólidos y a su vez, alto contenido de grasas. (Hernandez & Sanchez, 2014).

También, los residuos líquidos del camal están compuestos por: orina, heces, sangre, lavazas, grasa, alimentos no digeridos y principalmente agua proveniente de las actividades de limpieza, constituyendo así el efluente final de esta actividad. (Nolasco, 2018)

**Tabla 1**

*Caracterización de las aguas residuales del camal*

Características físico-químicas	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 5	PLANTA 6
pH	7,435	7,355	7,68	7,47
T °C	23,95	23,1	24,67	23,18
Conductividad (µs/cm)	2675	3222,5	1734,58	1972,00
TDS (mg/L)	1364,5	1664,5	867,52	962,83
Salinidad (%)	0,14	0,17	0,43	0,09
Aceites y Grasas (%)	0,055	0,475	0,06	0,15
$DBO_5$ (mg/L)	1661,2	3433,85	641,48	1834,77
DQO (mg/L)	1880	4525	968,83	2783,33
Nitrito(mg/L)	86	17	51,20	6,17
Nitrato(mg/L)	6,05	114,5	22,45	38,50
N. Amoniacal(mg/L)	31,415	25,205	36,12	26,06
N. Total (mg/L)	123,465	156,705	65,01	70,72
Fosfato (mg/L)	34,25	171,5	35,35	97,33
Sulfuro((µg/L)	1195	1350	692,32	1110,00
$DBO_5$ /DQO	0,88	0,76	0,66	0,66

*Nota:* Becerra L. K, Horna M. V & Barrionuevo K.I. (2014). Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de camales de la región la Libertad. Rev. cuerpo méd. HNAAA



#### ***2.2.4. Contaminación del agua por efluentes del camal***

La cantidad de agua consumida y el grado de contaminación que representan las aguas residuales del camal, están en función a los siguientes factores:

- Especie animal
- Clase y capacidad de las instalaciones
- Limpieza de los canales
- Locales de trabajo (Briceño & Castillo, 2009)

Si bien, los residuos líquidos provenientes de los camales se caracterizan por sus valores altos de materia orgánica; esto implica que, para lograr su oxidación biológica se requiere de oxígeno. Sin embargo, los efluentes producidos en el camal al ser vertidos directamente al cuerpo de agua receptor muchas veces llegan anular el oxígeno y afectar la vida acuática existente. (Nolasco, 2018)

Además, la inadecuada gestión de las aguas residuales de los camales, trae como consecuencia la disminución del oxígeno disuelto, depósito de lodos, emanaciones de gases(olores) y condiciones circundantes al punto de descarga que genera molestia. (Barraza & Palpa, 2011)

##### ***2.2.4.1 Implicancias del Oxígeno Disuelto en el cuerpo receptor***

Según (Breitburg, 2002) el oxígeno disuelto se utiliza como un indicador ecológico, puesto que, representa el estado situacional de un sistema acuático, es decir, si este se encuentra en un proceso de hipoxia o anoxia. A su vez, (Melrose, Ovita, & Berman, 2007) sostienen que, existe una relación entre la producción de materia orgánica proveniente de los nutrientes añadidos al agua a causa de las actividades antrópicas y el incremento en el consumo de oxígeno disuelto produciendo un empobrecimiento del mismo y en consecuencia, generar un proceso de hipoxia en el agua.



Analizando (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002) la variación del oxígeno disuelto en el agua de un cuerpo receptor, al cual se descarga aguas residuales con presencia de materia orgánica comprende las siguientes etapas:

- Primero, se consume el oxígeno disuelto en el agua por acción de las bacterias aerobias exactamente en el punto de vertido del efluente.
- Simultáneamente se inician los procesos de re-oxigenación natural.
- Una vez el cuerpo receptor presente un mínimo oxígeno disuelto, entonces se iniciará con la autodepuración de sus aguas hasta alcanzar los niveles iniciales.

### 2.2.5. Índice de biodegradabilidad de un efluente

La relación existente entre la DBO y la DQO determina la tipología de los contaminantes orgánicos que existen en el agua, los cuales son:

- Materia orgánica biodegradable: Compuestos orgánicos que se caracterizan por tener un peso molecular bajo y una cadena poco ramificada.
- Materia orgánica no biodegradable: Aquellos compuestos orgánicos con altos valores en sus pesos moleculares, con cadenas ramificadas, anillos o unidades aromáticas presentes en su estructura. (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002)

**Tabla 2**

*Biodegradabilidad de un vertido*

Parámetro indicador	Evaluación
$\frac{DBO_5}{DQO} > 0.5$	Biodegradable, se recomienda utilizar procesos biológicos
$0.5 \geq \frac{DBO_5}{DQO} \geq 0.2$	Poco biodegradable, se puede utilizar filtros o lagunas de estabilización
$\frac{DBO_5}{DQO} < 0.2$	No biodegradable, utilizar métodos fisicoquímicos

**Fuente:** (Zamora, Guerrero, & Benavides, 2014; Ortiz de Zárate & Aguila Apodaca, 1997)



### 2.2.6. Principales parámetros indicadores de contaminación

#### - pH

Es un indicador de predisposición a la acidez o alcalinidad del agua, esto quiere decir, que un pH ácido significa un incremento en la concentración de iones de hidrógeno, por el contrario, un pH básico, se caracteriza por una disminución de la concentración de iones de hidrógeno. Asimismo, (Rigola Lapeña, 1989) sostiene que el pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno y se define como  $\text{pH} = \log(1/[H^+])$ . Por lo tanto, es un indicador de acidez ( $\text{pH} < 7$ ) o de alcalinidad ( $\text{pH} > 7$ ) de un líquido.

En un rango de pH entre 0 y 7 son categorizadas como ácidos, pero si, se tiene un valor de pH de 7-14 entonces indica que la sustancia es básica como por ejemplo la sangre cuyos valores de pH se encuentra en el rango de 7.35-7.45. (Bermeo Garay, Bonilla Bermeo, & Coloma Coloma, 2017)

#### - Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días ( $DBO_5$ )

La  $DBO_5$  indica la concentración en materia orgánica biodegradable, este parámetro se calcula midiendo la disminución en la concentración de oxígeno disuelto del agua al término de incubar una muestra durante 5 días a 20 °C, a dilución adecuada y en un pH constante entre 7-7.5. (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002)

Durante el periodo de incubación, la degradación biológica se lleva a cabo en dos etapas. La primera etapa, se desarrolla en los primeros 5 días en el cual se produce la descomposición de compuestos de carbono, que representa un 60 a 70% de la materia orgánica oxidada y; la segunda etapa, al cabo de 20 días se produce la nitrificación evidenciado por el consumo de los compuestos nitrogenados, siendo en esta etapa donde se completa la oxidación de la materia orgánica en un 95 al 99 %. (DIGESA)

Además, la reacción debe llevarse a cabo en la oscuridad con el fin de evitar la producción de oxígeno por algas. En el caso de obtener valores altos de  $DBO_5$ , evidencia que



hay una alta concentración de materia orgánica biodegradable. (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002)

La  $DBO_5$  es igual a la diferencia de OD dividida por el volumen de desperdicio(P). (Raffo & Ruiz, 2014)

Tal como se muestra a continuación:

$$DBO_{final} = \frac{OD_{inicio} - OD_{final}}{P} \quad ( 1 )$$

**Donde:**

$DBO_{final}$  = Valor final de medición de la DBO (mg/L)

$OD_{inicio}$  = Medición de OD al principio de la prueba (mg/L)

$OD_{final}$  = Medición de OD después de 5 días (mg/L)

$P$  = Volumen de desperdicio(L)

### 2.2.7. *Procesos de Oxidación Avanzada (POAs)*

Los POAs se fundamentan en procesos fisicoquímicos capaces de alterar profundamente la estructura química de los contaminantes (Parag & Aniruddha, 2004).

A su vez, los POAs consisten en la oxidación química del contaminante formando en el proceso radicales hidroxilo, los cuales son altamente reactivos y con baja selectividad; en el caso de los diferentes tipos de POAs existen variaciones de generación de especies reactivas, tales como el uso de catalizadores, el tipo de luz, ultrasonido o microondas, con el fin incrementar la tasa de oxidación. (García J. C., 2014)

De esta manera generan especies transitorias sea por medios fotoquímicos o por otras formas de energía, con gran poder oxidativo tal como es, el radical hidroxilo con un potencial de oxidación-reducción  $E^0 = 2.80$ , capaz de oxidar eficientemente la materia orgánica. De modo complementario, los POAs generan radicales altamente reactivos, lo suficiente como





para producir y acelerar reacciones de oxidación, pero también el de producir reacciones de oxidación en cadena. (Peña & Herrera, 2013)

A continuación, se mencionará la finalidad de los POAs:

- Mineralizar los contaminantes hasta su completa transformación en dióxido de carbono, agua y aniones inorgánicos.
- Degradar los contaminantes orgánicos
- Eliminar el color y olor
- Desinfectar. (García-Montaña 2007, Parag et al. 2004, Neyens et al. 2003)

#### **2.2.7.1 Proceso Fenton**

El proceso Fenton consiste en la adición de sales de hierro  $Fe^{2+}$  como catalizador en presencia de  $H_2O_2$  en medio ácido (pH 2,5-4), para la producción de radicales  $\bullet OH$ . El catalizador usualmente es el sulfato de hierro (II) que no se consume en el proceso más al contrario, se regenera el  $Fe^{2+}$  a partir del hierro férrico  $Fe^{3+}$ . (Bes, Silva, & Bengoa, 2018)

El proceso Fenton tiene como finalidad:

- Realizar un cambio estructural de los compuestos orgánicos
- Oxidar parcialmente el efluente y disminuir su toxicidad
- Oxidar totalmente los compuestos orgánicos en sustancias inocuas, para su posterior descarga en efluentes. (Ortiz, 2009)

Por otro lado, los compuestos orgánicos no siempre reaccionan a la misma velocidad con el radical  $\bullet OH$ , dependerá de la naturaleza de los compuestos orgánicos a tratar. En el caso, de la velocidad de reacción característica de los radicales  $\bullet OH$  con la materia orgánica, se sitúan entre  $10^7 - 10^{10} M^{-1}S^{-1}$  (Rodríguez, Casas, Mohedano, Zaso, & Blasco, 2016)

##### **2.2.7.1.1 Mecanismo Fenton**

La reacción Fenton se fundamenta en la generación de radicales  $\bullet HO$  a presión atmosférica y temperatura ambiente. De acuerdo a la ecuación 2, el peróxido de hidrógeno se



pone en contacto con  $Fe^{2+}$  en solución acuosa y en un pH ácido. El ión ferroso inicia la reacción de descomposición del peróxido, generando radicales  $\bullet OH$  de alta reactividad, agua y cierta cantidad de calor.



En la ecuación 3, la especie oxidada  $Fe^{3+}$  reaccionará nuevamente con el peróxido de hidrógeno, para producir radicales hidroperóxidos ( $HO_2^\bullet$ ) con un potencial menor de oxidación-reducción ( $E_o = 1,76 V$ ).



Cabe resaltar que, los iones férricos  $Fe^{3+}$  se forman más rápidamente en la reacción 1 que en la reacción 2, y se va acumulando paulatinamente en solución acuosa hasta dar lugar a la aparición de precipitados de hidróxido férrico  $Fe(OH)_3$ , estos últimos tienen aspecto de material sedimentable y de coloración pardo - rojizo. (Sánchez, 2015)

#### 2.2.7.1.2 Factores intervinientes en el proceso Fenton

##### - Influencia del pH

El pH es un indicador capaz de modificar la prevalencia de las especies de hierro presentes en la solución acuosa; por ende, para el proceso de degradación de contaminantes orgánicos el valor óptimo del pH está alrededor de 2- 4. En el caso, de valores de pH inferiores a 2 se produce la formación de complejos de hierro, reduciéndose la concentración  $Fe^{2+}$  libre que queda disponible en la mezcla acuosa. Por el contrario, para valores de pH superiores a 4 la eficiencia del proceso Fenton disminuye, por la generación de precipitados de  $Fe(OH)_3$  que retiran al catalizador del medio de reacción y en consecuencia, la tasa de producción de



radicales  $\bullet\text{OH}$  es baja. Además, para valores de pH aún mayores a 4, se reduciría el rendimiento total del proceso Fenton por la reducción potencial de la formación de  $\bullet\text{OH}$  y la descomposición del peróxido de hidrógeno. (Sánchez, 2015)

- **Influencia de la temperatura**

Las temperaturas altas favorecen la velocidad de la reacción; pero también, posibilita la dismutación del peróxido de hidrógeno. Por otro lado, el oxígeno disuelto interviene en la mineralización de compuestos orgánicos y a temperaturas altas, el oxígeno disuelto se solubiliza.

Al inicio de la reacción de Fenton, no se requiere de una elevada energía de activación; por ello que, se puede realizar en un amplio rango de temperaturas ambiente. (Sánchez, 2015)

- **Relación Fe (II) /  $H_2O_2$**

La dosis de  $H_2O_2$  influye directamente sobre la eficacia del proceso mientras que la concentración de hierro está relacionada con la cinética de la reacción. Por ello, es importante considerar las características del efluente a tratar, en la relación estequiometría  $[\text{Fe (II)} / H_2O_2]$ . (Neyens & Baeyens, 2003)

**2.2.7.1.3 Características del proceso Fenton**

Entre las principales características que presenta el proceso Fenton en relación al tratamiento de aguas residuales podemos mencionar las siguientes.

**Tabla 3**

*Ventajas y desventajas del proceso Fenton*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Aplicación amplia del proceso Fenton a escala industrial en diferentes tipos de efluentes y contaminantes. (Sánchez, 2015)	La producción de lodos, esto porque, se generan precipitados de hidróxido férrico $Fe(OH)_3$ en forma de material sedimentable de tono pardo-rojizo, que debe ser separado del efluente líquido una vez culminada la oxidación y posteriormente, realizar la adecuada gestión del residuo. (Sánchez, 2015)
Elevada afinidad del proceso Fenton por los compuestos cromóforos para la eliminación eficiente del color con tiempos de contacto relativamente bajos y facilita la	



---

biodegradación de compuestos orgánicos refractarios. (Sánchez, 2015)

El proceso Fenton no genera subproductos tóxicos; al contrario, reduce la toxicidad de efluentes y vertidos. (Sánchez, 2015)

Para el control del pH, se requiere la aplicación de procesos complementarios al proceso de oxidación Fenton, es decir, se requiere acidificar previamente las muestras y neutralizar el efluente posterior al tratamiento. (Sánchez, 2015)

---

Suministro continuo del catalizador durante la reacción elevando los costos de explotación, sea el caso de, grandes caudales de aguas residuales o elevadas cargas orgánicas. (Sánchez, 2015)

---

### **2.2.7.2 Proceso foto-Fenton UV**

El proceso Fotofenton es un tipo de Proceso de Oxidación Avanzada (POA), que se fundamenta en la descomposición del peróxido de hidrógeno con la participación de sales de hierro como catalizador; y la radiación luminosa para mineralizar el contaminante en un tiempo inferior al del proceso Fenton. (Terán Solíz, 2016)

Además, la exposición a la irradiación sea con luz ultravioleta o solar facilita la reutilización y reacción al mismo tiempo con el peróxido de hidrogeno, para posteriormente pasar a liberar los radicales  $\bullet\text{OH}$ , quienes oxidarán los compuestos orgánicos. (Sreeja & Sosamony, 2016).

#### **2.2.7.2.1 Mecanismo FotoFenton**

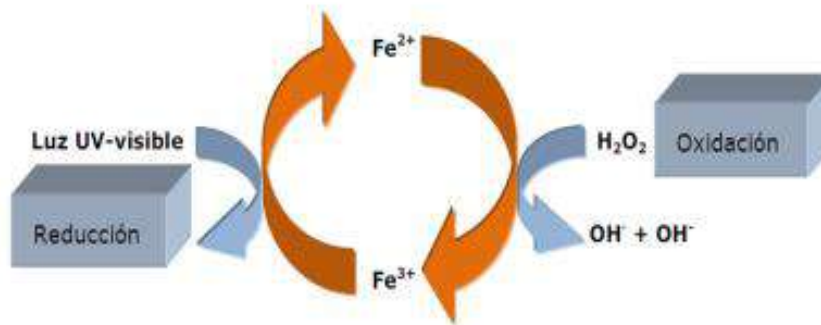
En el proceso Fotofenton se utiliza la radiación ultravioleta, para lograr la fotorreducción del  $\text{Fe}^{3+}$  y la producción de radicales  $\bullet\text{OH}$ . La radiación UV acelera notablemente la reacción de reducción del  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$ , trayendo consigo el incremento de la tasa de formación de radicales  $\bullet\text{OH}$  y esto a su vez, el incremento de la tasa de degradación de la materia orgánica existente. Del mismo modo, contribuye en menor medida a la producción de radicales  $\bullet\text{OH}$  por medio de la fotólisis directa del peróxido de hidrógeno, y posibilita la fotodegradación de los contaminantes.



El catión  $FeOH^{2+}$  presenta una banda de absorción entre 200 y 410 nm en valores de pH comprendidos entre 2 y 4. En la reacción 4, el catión  $FeOH^{2+}$  en presencia de radiación UV produce la generación de radicales hidroxilos, recomendándose la utilización de lámparas UV del tipo UV-C para mayor rendimiento del proceso Fotofenton. (Sánchez, 2015)

**Figura 1**

*Mecanismo de reacción del Fotofenton*



*Nota:* El gráfico representa la reducción de  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$  mediante luz UV-visible, y la oxidación de  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$  mediante el peróxido de hidrógeno, y así, el ión ferroso regenerado vuelve a reaccionar con peróxido de hidrógeno para formar radicales hidroxilos. Tomado de *Estudio de la aplicación de procesos de oxidación avanzada a aguas contaminadas* (p. 28), por M.C, Terán, 2016.

#### 2.2.7.2.2 Características del proceso Fotofenton

A continuación, las características del proceso Fotofenton serán mostradas en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Ventajas e inconvenientes del proceso Fotofenton*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Se requiere de pequeñas cantidades de sal de hierro.	- Se debe controlar estrictamente el pH. (Rodríguez, y otros, 2006)



- 
- El  $Fe^{3+}$  residual puede precipitarse como hidróxido de hierro mediante el incremento del pH.
  - El peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$  residual que no se consume durante el proceso se descompondrá en agua y oxígeno molecular. (A., y otros, 2012)

---

- Se reduce la generación de lodos y la velocidad de reacción es alta, por lo que el tamaño del reactor será menor. (Rodríguez, y otros, 2006)

- 
- La generación de  $OH\cdot$  adicionales a partir del Fe(II) foto generado.
  - El empleo de radiaciones menores a 360 nm posibilita la producción de  $OH\cdot$  por fotólisis del  $H_2O_2$  (Velázquez, 2013)

---

#### 2.2.7.2.3 *Parámetros que influyen en el sistema Fotofenton*

Para alcanzar un eficiente rendimiento en el tratamiento de aguas residuales por medio del proceso Fotofenton, es importante considerar algunos parámetros como son:

- *pH*

Para que se efectúe adecuadamente la reacción es recomendable un pH entre 2 y 3. Esto porque, en valores menores a los recomendables el ión férrico es más estable, puede descomponerse el peróxido de hidrógeno y retardarse la reacción. Por otro lado, con valores superiores puede precipitarse el hidróxido férrico y descomponerse el peróxido de hidrógeno.

Por ello es preferible ajustar el pH adicionando sosa y ácido sulfúrico, cabe resaltar que el sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno reducen el pH. (Terán Solíz, 2016)

- *Temperatura*

Es recomendable que la temperatura de operación sea entre 40 y 50°C a presión atmosférica. De modo que, si se sobrepasa una temperatura de 50°C ocurre una descomposición



rápida del peróxido de hidrogeno en oxígeno y agua, pero a una presión máxima de 3 atmósferas la temperatura puede alcanzar a valores superiores a los 100 °C, sin que ocurra una descomposición del peróxido de hidrógeno. (Terán Solíz, 2016)

- *Luz Ultravioleta*

La luz UV se define como un tipo de radiación electromagnética, de mayor energía que la luz visible pero menor a la de los rayos X, se clasifican de acuerdo a la longitud de onda. (García Carpintero, Cárdbaba Arranz, & Sánchez Gómez, 2020)

**Tabla 5**

*Tipo de radiación UV*

<b>UV</b>	<b>VUV</b>	100-200 nm
	<b>UVC</b>	200-280 nm
	<b>UVB</b>	280-315 nm
	<b>UVA</b>	315-400 nm
<b>VISIBLE</b>		400-700 nm

*Nota:* Terán (2016, p. 29)

Se pueden utilizar dos tipos diferentes de condiciones en los reactores para la aplicación de la luz UV en un tratamiento, los cuales son los siguientes: reactor de contacto, dónde la lámpara de luz UV puede estar sumergida en forma paralela o perpendicular a la dirección del flujo de agua a tratar. Por otro lado, en el reactor sin contacto es cuando la lámpara de luz UV se encuentra suspendida. (EPA, 1999)

El uso del reactor de contacto, incrementa la acción desinfectante de la luz UV en el agua a tratar, esto a causa de la reflexión de los rayos UV en las paredes del reactor. La reflexión de la luz UV presenta influencia directa en el reactor porque interviene en la distribución del flujo de la luz UV en el agua. (Jieyong, Baoqing, & Chang Nyung, 2011)



Es importante mencionar factores que reducen la eficacia de la luz UV en los tratamientos los cuales son:

- La intensidad de la radiación muchas veces se ve afectada por el tiempo de vida de la lámpara, restos de residuos adheridos en su superficie, condiciones del reactor y la ubicación de la lámpara en el mismo. Del mismo modo, es importante destacar que a mayor distancia de la lámpara UV entonces la intensidad de la radiación UV se disipará.
- Las altas concentraciones de los parámetros fisicoquímicos del agua residual a tratar interfieren en la exposición y en la cantidad de radiación UV que llega a la muestra, especialmente los sólidos suspendidos que absorben la radiación UV, y que además sirven de barrera para los microorganismos presentes, puesto que, se adhieren a estas partículas. En el caso de valores altos de pH los efectos que desencadenan son la solubilidad de los metales y los carbonatos, y por último, una alta DBO conformado por compuestos húmicos y/o no saturado reducen la exposición de la luz UV. (EPA, 1999)
- La presencia de luz y el tipo de luz favorece en la velocidad de reacción. De hecho, para un proceso de oxidación más eficiente se requiere mayor energía.

- ***Influencia de la concentración inicial de  $H_2O_2$***

La velocidad de degradación está directamente relacionada con la cantidad de  $H_2O_2$ , es decir, a mayor cantidad de  $H_2O_2$  también incrementará la velocidad de degradación; esto porque que existe una mayor generación de radicales  $\bullet OH$ . En cambio, a partir de una determinada cantidad de  $H_2O_2$  puede ser posible una autodescomposición del mismo por recombinación con  $\bullet OH$ , afectando negativamente en la velocidad de reacción. (Bes, Silva, & Bengoa, 2018)





- *Efecto de la cantidad de sal de hierro*

A mayor cantidad de sal empleada mayor será la velocidad de degradación. No obstante, a partir de una cierta concentración de hierro la eficiencia en la reacción también disminuirá, pues habrá un incremento en la turbidez de la disolución, el cual inhibirá en la absorción de luz necesaria para la realización del tratamiento. (Bes, Silva, & Bengoa, 2018)

### **2.2.8 Diseño de experimentos**

Según los autores (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008) manifiestan que, el diseño de experimentos está basado en determinar las pruebas y como estas se han de realizar a fin de obtener datos que al ser analizarlos mediante la estadística dan como resultado evidencias objetivas, capaces de responder interrogantes planteadas y solucionar problemas dentro de una investigación.

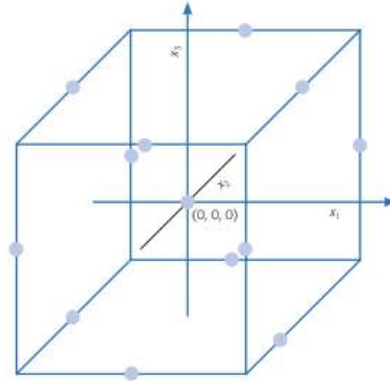
#### **2.2.8.1 Diseño de Box-Behnken**

Los autores (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008) definen el diseño Box Behnken como un modelo de segundo orden que puede ser aplicado solamente cuando se tiene 3 o más factores; dicho modelo es capaz de lograr la optimización del proceso y su eficacia con respecto al número de experimentos.

Asimismo la representación gráfica del modelo Box Behken demuestran que, los tratamientos del diseño se encuentran ubicados en los puntos medios de cada factor con 3 niveles: nivel alto (+), nivel intermedio (0) y nivel bajo (-), más no consideran, como puntos del diseño aquellos ubicados en los vértices del cubo.

### **Figura 2**

*Representación del diseño de Box-Behnken*



*Nota.* En la figura se representa geoméricamente el diseño de Box-Behnken para 3 factores. Tomado de *Análisis y diseño de experimentos* (p. 416-417), por Gutiérrez Pulido., & De la Vara Salazar, R, 2008.

## 2.3 Marco Conceptual

### 2.3.1 Agua residual

Aquella agua con características modificadas por las actividades humanas y que requiere de un tratamiento previo antes de ser empleadas en posteriores actividades de reúso, o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)

### 2.3.2 Materia orgánica

Consiste en millares de componentes tales como: partículas macroscópicas, coloides o macromoléculas que se encuentran disueltas y que modifican algunos parámetros de calidad de agua como son: el color, olor, sabor, desarrollo de microorganismos patógenos o presencia de materia no biodegradable. (USEPA, 2004)

### 2.3.3 DBO

Indicador del nivel de contaminación de las aguas residuales que mide la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable existente en la muestra de agua. (Ramalho, 2003)



## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis General

El proceso Fotofenton es más eficiente en la remoción de la *DBO* con respecto al proceso Fenton en el efluente del Camal Municipal de Cusco, 2021.

### 2.4.2 Hipótesis Específicas

**HE-1:** El efluente del camal Municipal de Cusco presentan valores altos en sus parámetros fisicoquímicos, 2021.

**HE-2:** El efluente del camal Municipal de Cusco es biodegradable, 2021.

**HE-3:** El proceso Fenton logra una remoción entre el 30% al 70% de la *DBO* del efluente del camal, 2021.

**HE-4:** El proceso Fotofenton logra una remoción entre el 40% al 80% de la *DBO* del efluente del camal, 2021.

## 2.5 Variables E Indicadores

### 2.5.1 Identificación de Variables

#### Variable Dependiente:

Y1: Eficiencia de remoción de la *DBO*<sub>5</sub>

#### Variable Independiente:

X1: pH

X2: Dosis de peróxido de hidrógeno

X3: Dosis de sulfato ferroso heptahidratado

### 2.5.2 Operacionalización De Variables



Tabla 6

Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Eficiencia de remoción de la $DBO_5$	$DBO_5$	Cantidad total de oxígeno consumida por los microorganismos en los primeros cinco días de biodegradación. (Raffo & Ruiz, 2014)	Se mide la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en la muestra de agua, después de haber sido incubado por un periodo de 5 días.	mg/L % de remoción DBO
	pH	El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno y se define como $pH = \log(1/[H^+])$ Así mismo, es un indicador de acidez ( $pH < 7$ ) o de alcalinidad ( $pH > 7$ ) de un líquido. (Rigola Lapeña, 1989)	Se mide inicialmente el pH de la muestra, y se ajustará dicho valor según matriz de experimentación con la solución de ácido clorhídrico.	0-14
Proceso Fenton	Dosis de sulfato ferroso heptahidratado	Compuesto químico cuya fórmula es $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$ , característico por ser un polvo cristalino, inodoro, verdoso. (Health, 2016)	Se añade la solución concentrada del catalizador que corresponde al sulfato ferroso heptahidratado $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$ en las concentraciones adecuadas y se homogeniza la mezcla.	mg / L
	Dosis de de peróxido hidrógeno	El peróxido de hidrógeno es un líquido no combustible, incoloro, con un olor picante y débil cuya	Se adiciona el $H_2O_2$ en todas las unidades experimentales y se agita para garantizar su homogenización.	mg / L



		fórmula es $H_2O_2$ . (SOLVAY, 2019)	
<b>Proceso Fotofenton</b>	<b>pH</b>	<p>El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno y se define como <math>pH = \log(1/[H^+])</math></p> <p>Así mismo, es un indicador de acidez (<math>pH &lt; 7</math>) o de alcalinidad (<math>pH &gt; 7</math>) de un líquido.</p> <p>(Rigola Lapeña, 1989)</p>	<p>Se mide inicialmente el pH de la muestra, y se ajustará dicho valor según la matriz de experimentación con la solución de ácido clorhídrico.</p> <p>0-14</p>
	<b>Dosis de sulfato ferroso heptahidratado</b>	<p>Compuesto químico cuya fórmula es <math>(FeSO_4 \cdot 7H_2O)</math>, característico por ser un polvo cristalino, inodoro, verdoso. (Health, 2016)</p>	<p>Se añade la solución concentrada del catalizador que corresponde al sulfato ferroso heptahidratado <math>(FeSO_4 \cdot 7H_2O)</math> en las concentraciones adecuadas y se homogeniza la mezcla.</p> <p>mg / L</p>
	<b>Dosis de peróxido de hidrógeno</b>	<p>Compuesto químico cuya fórmula es <math>H_2O_2</math>, líquido no combustible, incoloro, con un olor picante y débil. (SOLVAY, 2019)</p>	<p>Se adiciona el <math>H_2O_2</math> en todas las unidades experimentales y se agita para garantizar su homogenización.</p> <p>mg / L</p>
	<b>Longitud de onda de la lámpara UV</b>	<p>Distancia entre dos crestas contiguas que determina el color de la luz</p>	<p>Se realizan los ensayos de fotólisis con la lámpara de radiación UV -C (254nm) para las 15 pruebas</p> <p>nm</p>



## CAPÍTULO III: MÉTODO

### 3.1 Alcance del Estudio

#### 3.1.1 *Tipo de investigación*

##### 3.1.1.1 Enfoque cuantitativo

Según lo manifestado por Hernández et al. (2010) el enfoque cuantitativo se caracteriza por seguir un proceso sistemático, requiere de un diseño para realizar las mediciones y el análisis estadístico para comprobar las hipótesis y teorías planteadas.

Por lo antes expuesto, el presente estudio está organizado en diferentes etapas que son consecuentes entre sí, se establecieron variables de proceso para el tratamiento Fenton y Fotofenton. Del mismo modo, se desarrolló un plan de análisis de datos para la recolección de los valores numéricos correspondientes a los porcentajes de remoción de la  $DBO_5$  de la muestra de estudio mediante los tratamientos aplicados.

Finalmente, mediante al análisis estadístico se logró comprobar la veracidad de las hipótesis formuladas y, así, demostrar los resultados alcanzados.

#### 3.1.2 *Nivel o alcance de la investigación*

El presente estudio es de alcance correlacional, esto porque se analizó la relación entre la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton, y la remoción de la  $DBO_5$  del efluente.

Según lo define Hernández et al. (2010) el alcance correlacional es un modelo de estudio en el cual se evalúa el grado de concordancia existente entre variables o conceptos, las cuales son medibles, cuantificables y verificables mediante la prueba de hipótesis, que determina la relación y el comportamiento de una variable en relación a la otra.

#### 3.1.3 *Método de investigación*

Se identificó al método hipotético-deductivo como método de la presente investigación, dado que el problema que originó la descarga de las aguas residuales provenientes de la actividad de faenamiento implicó el planteamiento de la siguiente hipótesis: el proceso



Fotofenton es más eficiente en la remoción de la  $DBO_5$  con respecto al proceso Fenton, para lo cual, se verificó y demostró la veracidad de dicho enunciado mediante las diferentes pruebas experimentales, y finalmente, concluir con nuevo conocimiento acerca de la eficiencia y aplicación de los procesos Fenton y Fotofenton en efluentes provenientes de camales.

### 3.2 Diseño de la Investigación

El diseño experimental puro, tal como afirma Hernández et al. (2010) consiste en la materialización de una situación o problema cuyas variables independientes son manipuladas intencionalmente con el propósito de medir los efectos resultantes en las variables dependientes en condiciones controladas y cuyos resultados sean válidos.

Por consiguiente, el diseño de la presente investigación fue experimental, dado que se manipuló la variable independiente, que corresponde a la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton por medio de los parámetros de proceso y posteriormente, se analizaron los efectos en la variable dependiente, es decir, en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del camal, con el fin de comprobar la certeza de las hipótesis formuladas.

#### 3.2.1 Descripción del diseño del experimento-Proceso Fenton

a) Ajuste de los niveles de los parámetros de proceso

- **pH**

Según Becerra L. K, Horna M. V & Barrionuevo K.I. (2014) afirman que, el pH de los efluentes de un camal presenta un valor igual a 7.4.

Por otro lado, los estudios realizados por (Montero del Águila, Orrego Zapo, & Uriarte Tirado, 2018) y (Arteaga, 2020) desarrollaron investigaciones de degradación de aguas residuales del camal mediante procesos Fenton en rangos de pH 2.5- 3.5 y 2.8 respectivamente.

Por lo expuesto anteriormente, se determinó evaluar la remoción de la  $DBO_5$  en condiciones de pH del siguiente rango: 2.5 – 3.5.

- **Concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$**



Se determinó evaluar la remoción de la  $DBO_5$  en los rangos mínimo y máximo de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ : 1200 – 2200 mg/L, cabe aclarar que estos rangos corresponderían a 240.85 - 441.57 mg/L de  $Fe^{2+}$  respectivamente.

**Tabla 7**

*Niveles de concentración del catalizador*

Parámetro de proceso	Unidades	Código de niveles		
		-	0	+
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	mg/ L	1200	1700	2200
$FeSO_4$	mg/L	655.65	928.85	1202.04
$Fe^{2+}$	mg/L	240.85	341.21	441.57

- **Concentración de  $H_2O_2$**

Según los autores (Montero del Águila, Orrego Zapo, & Uriarte Tirado, 2018) desarrollaron en su investigación aplicada al tratamiento de efluentes provenientes de un camal rangos de  $H_2O_2$ : 800 -1200 mg/L.

En consecuencia en la presente investigación, los rangos para este factor que interviene en la eficiencia del proceso corresponde a: 700 -1100 mg/L de  $H_2O_2$  .

Con el fin de determinar y comprobar si los rangos de las concentraciones planteadas en los diseños experimentales, así como los niveles de pH tienen incidencia positiva en el tratamiento de los efluentes mediante el proceso Fenton, se realizaron pruebas preexperimentales utilizando los valores intermedios del  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $H_2O_2$  y pH los cuales son presentados en las figuras N° 03 y N°04.





Figura 3

Prueba preexperimental-Proceso Fenton

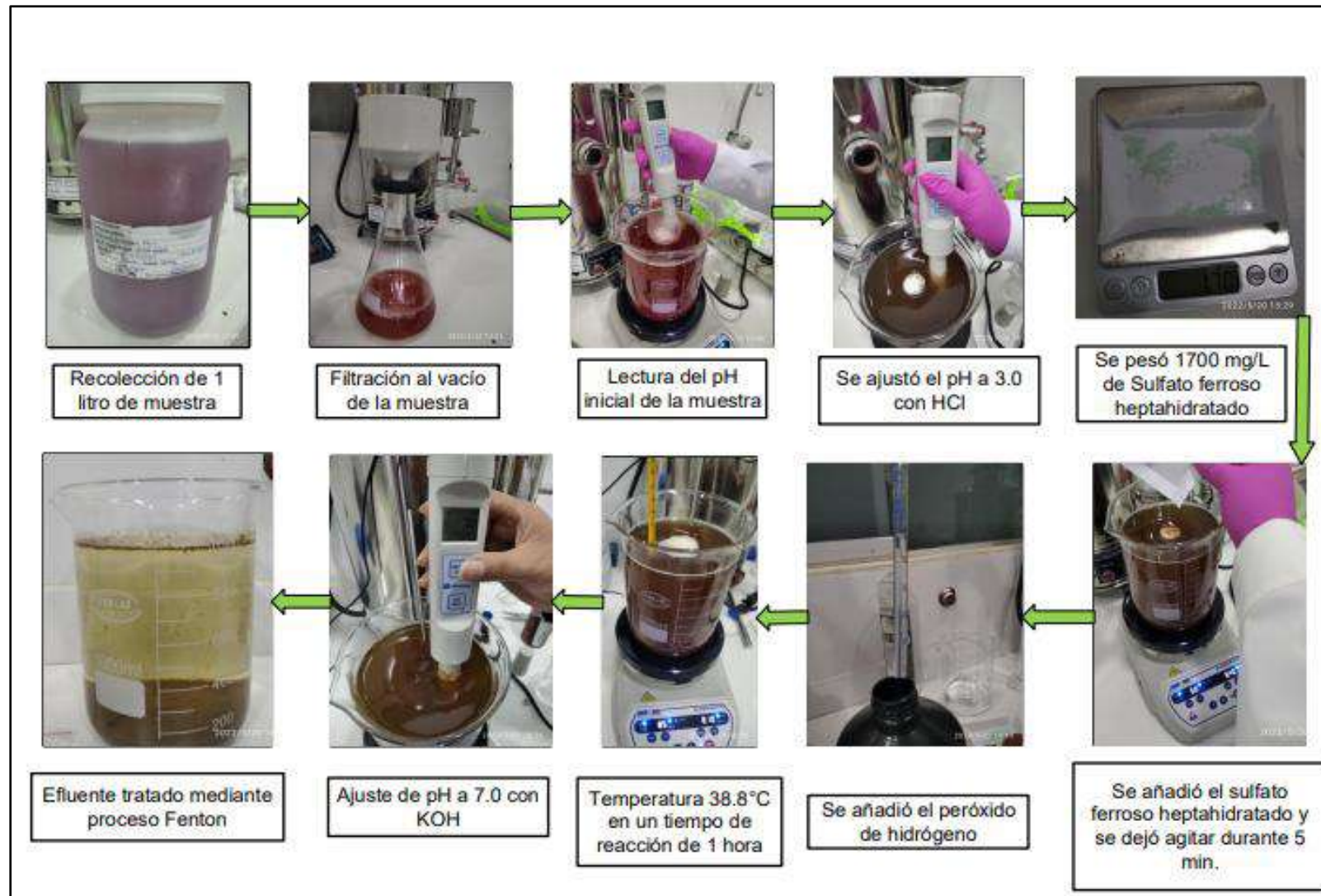
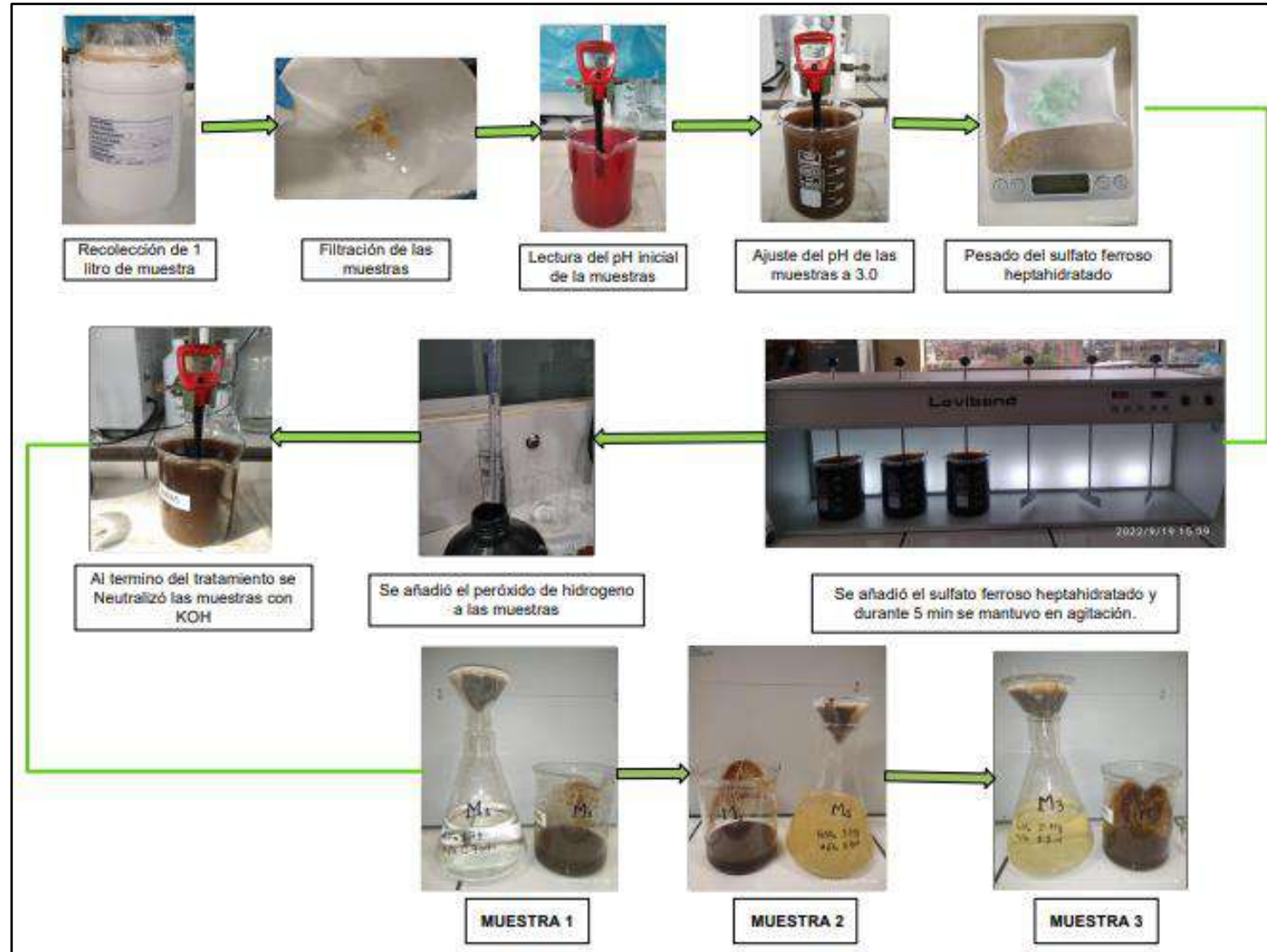




Figura 4

Prueba preexperimental 2,3 y 4- Proceso Fenton





b) Matriz de experimentación

Se aplicó el diseño Box-Behnken para determinar la dosis óptima de las variables del proceso Fenton y se utilizó el software Statgraphics para obtener la matriz de distribución de los 15 experimentos. Según los autores (Ranade & Thiagarajan, 2017) la determinación del número de ensayos experimentales según el diseño Box-Behnken está en función de la siguiente ecuación:

$$N = 2k(k - 1) + c_p \quad ( 5 )$$

$$N = 2 \times 3(3 - 1) + 3$$

$$N = 15$$

Donde:

N = Número de experimentos

k = Número de factores

$c_p$  = Número de repeticiones para los puntos centrales

En la presente investigación los tres factores están constituidos por los parámetros de eficiencia del proceso Fenton codificados como:  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  respectivamente. En cuanto a los niveles, se tienen los siguientes: nivel alto (+), nivel intermedio (0) y nivel bajo (-), teniendo como variable de respuesta el porcentaje de remoción de la  $DBO_5$ , tal como se muestra en la tabla N°8.

**Tabla 8**

*Diseño Box-Behnken de los parámetros de proceso-Fenton*

Variable independiente	Unidades	Símbolo	Código de niveles		
			-	0	+
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	mg/ L	$X_1$	1200	1700	2200
$H_2O_2$	mg/ L	$X_2$	700	900	1100
$pH$	-	$X_3$	2.50	3	3.50
Variable dependiente			$DBO_5$ (mg/ L)		



En la tabla N°09 se consideró la siguiente matriz de experimentación para desarrollar el proceso Fenton.

**Tabla 9**

*Matriz de experimentación -Proceso Fenton*

EXPERIMENTO	$X_1$	$X_2$	$X_3$	PLAN DE EXPERIMENTACIÓN		
				$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (mg/ L)	$H_2O_2$ (mg/ L)	pH
1	-	-	0	1200	700	3
2	+	-	0	2200	700	3
3	-	+	0	1200	1100	3
4	+	+	0	2200	1100	3
5	-	0	-	1200	900	2.5
6	+	0	-	2200	900	2.5
7	-	0	+	1200	900	3.5
8	+	0	+	2200	900	3.5
9	0	-	-	1700	700	2.5
10	0	+	-	1700	1100	2.5
11	0	-	+	1700	700	3.5
12	0	+	+	1700	1100	3.5
13	0	0	0	1700	900	3
14	0	0	0	1700	900	3
15	0	0	0	1700	900	3

c) Procedimiento experimental del proceso Fenton

El efluente empleado para la experimentación con el proceso Fenton luego del muestreo fue filtrado, cabe destacar que el efluente remitido al laboratorio también corresponde al efluente filtrado. Dicha filtración se realizó puesto que, de acuerdo a la observación en campo se evidenció la presencia de material grueso (palos, intestinos, pedazos de vísceras, etc.)



Para recalcar, la metodología experimental desarrollada en el presente estudio consideró las investigaciones realizadas por (Behrouzeh, y otros, 2022) y, a su vez, por (Anotaia, Ming Chun, & Chewpreecha, 2006).

Los 15 experimentos realizados mediante la aplicación del proceso Fenton se realizaron en un sistema discontinuo por lotes, en condiciones de temperatura y presión ambiente.

Asimismo, los valores de los parámetros de proceso fueron aplicados de acuerdo a la matriz de experimentación encontrándose en la tabla N°09.

1. Para comenzar con el tratamiento mediante el proceso Fenton, se utilizó 1000 ml de la muestra compuesta, se realizó la lectura del valor de pH, y se ajustó dicho valor a los establecidos en la matriz de experimentación utilizando ácido clorhídrico.

**Figura 5**

*Ajuste del pH de la muestra*



**Figura 6**

*Ajuste de la muestra a pH 3*



2. Inmediatamente se realizó el pesado del sulfato ferroso heptahidratado ( $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ ) de acuerdo a la matriz de experimentación (Tabla N°09).

**Figura 7**

*Pesado de sulfato ferroso heptahidratado*



3. Seguidamente, se colocaron los vasos precipitados en el test de jarras, se añadió el sulfato ferroso heptahidratado ( $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ ) y se mantuvo en agitación por un lapso de tiempo de 5 minutos a una velocidad de 150 rpm.

**Figura 8**

*Sulfato ferroso heptahidratado añadido a las muestras de tratamiento*

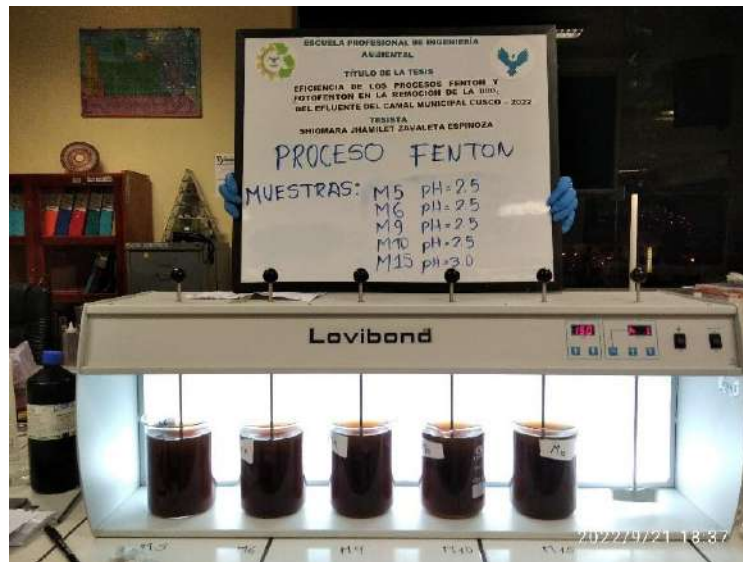


4. Luego de transcurrir los 5 minutos, se añadió inmediatamente el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$  al 30 % v/v). El tiempo de reacción de las muestras fue de 1 hora, con una agitación de 150 rpm en el test de jarras.



**Figura 9**

*Tratamiento de las muestras -Proceso Fenton*



5. Al término de 1 hora de tiempo de reacción, se neutralizó la solución añadiendo el hidróxido de potasio, para elevar el pH hasta un valor de 7 y, en consecuencia, lograr la precipitación.

**Figura 10**

*Neutralización de las muestras*





**Figura 11**

*Precipitación de las muestras*

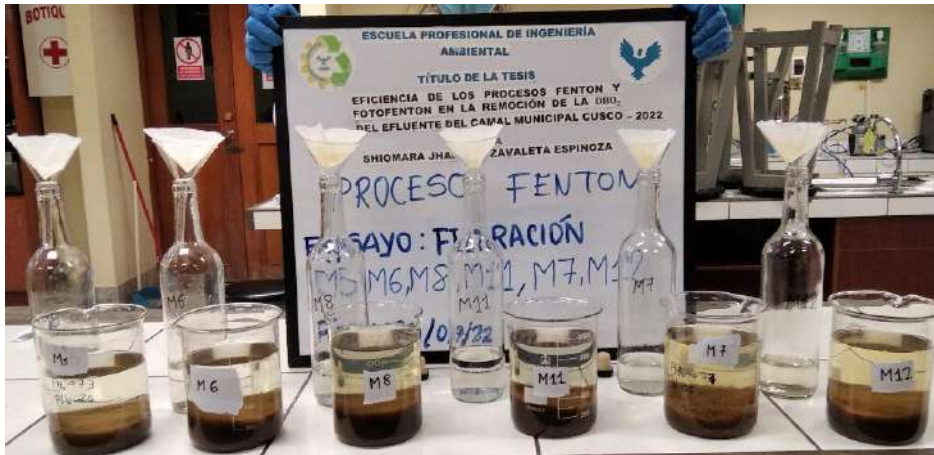


6. Por último, se utilizó papel filtro de rápida filtración para obtener la muestra final y se almacenó en los frascos de vidrio para su posterior análisis en laboratorio, cabe destacar que esta filtración se realizó en función al volumen de muestra solicitado por el laboratorio (1L), asimismo, en comparación de las muestras obtenidas después del tratamiento con la muestra inicial (sin tratamiento), esta última también fue previamente filtrada.



**Figura 12**

*Filtrado de las muestras después del tratamiento*



7. Las 15 muestras tratadas mediante el proceso Fenton fueron llenadas completamente en los frascos de vidrio esterilizados, etiquetadas, y transportadas adecuadamente en un cooler con gel pack, a fin de conservar las muestras a una temperatura  $\leq 6^{\circ}\text{C}$ , acompañado de la respectiva cadena de custodia (Ver Anexo N°05)

**Figura 13**

*Almacenamiento y transporte de las muestras a laboratorio*



8. Culminado la filtración de las muestras, se aseguró el secado de los lodos generados en un horno para posteriormente continuar con el pesado y la disposición adecuada de los mismos.



**Figura 14**

*Secado de lodos generados después del tratamiento*



**Figura 15**

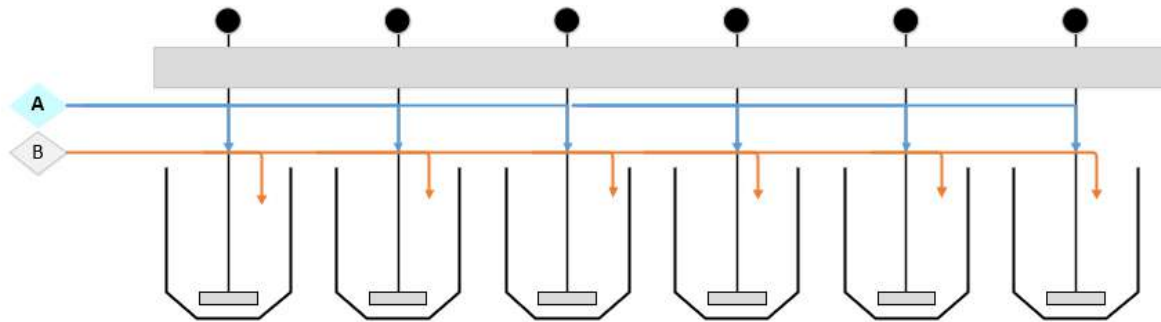
*Pesado de las muestras de lodo*





**Figura 16**

*Esquema del proceso Fenton*



**LEYENDA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
A	Sulfato ferroso heptahidratado ( $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ )
B	Peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ )

### 3.2.2 Descripción del diseño del experimento- Proceso Fotofenton

#### a) Montaje del fotoreactor y pruebas de preexperimentación

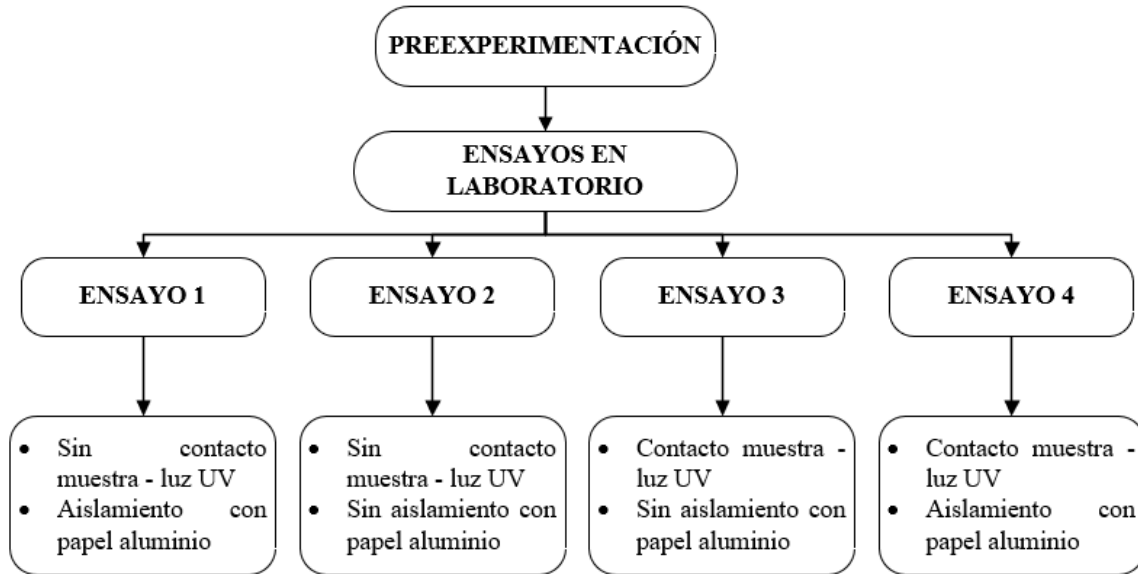
Según la investigación realizada por (Jieyong, Baoqing, & Chang Nyung, 2011) el reactor de contacto con la muestra y la reflexión de la luz UV tienen influencia directa en el mismo y, en consecuencia, la efectividad en el tratamiento de agua.

En la figura N°17 se muestra los 4 diferentes ensayos de preexperimentación realizados en el fotoreactor en contacto y sin contacto con la lámpara UV (254 nm), con el objetivo de determinar la mejor ubicación de la lámpara en el fotoreactor. De esta preexperimentación se comprobó la efectividad del tratamiento cuando el reactor está en contacto y sin contacto con la lámpara, así como el efecto de la reflexión de la luz mediante la cobertura de papel aluminio en las paredes del reactor.



**Figura 17**

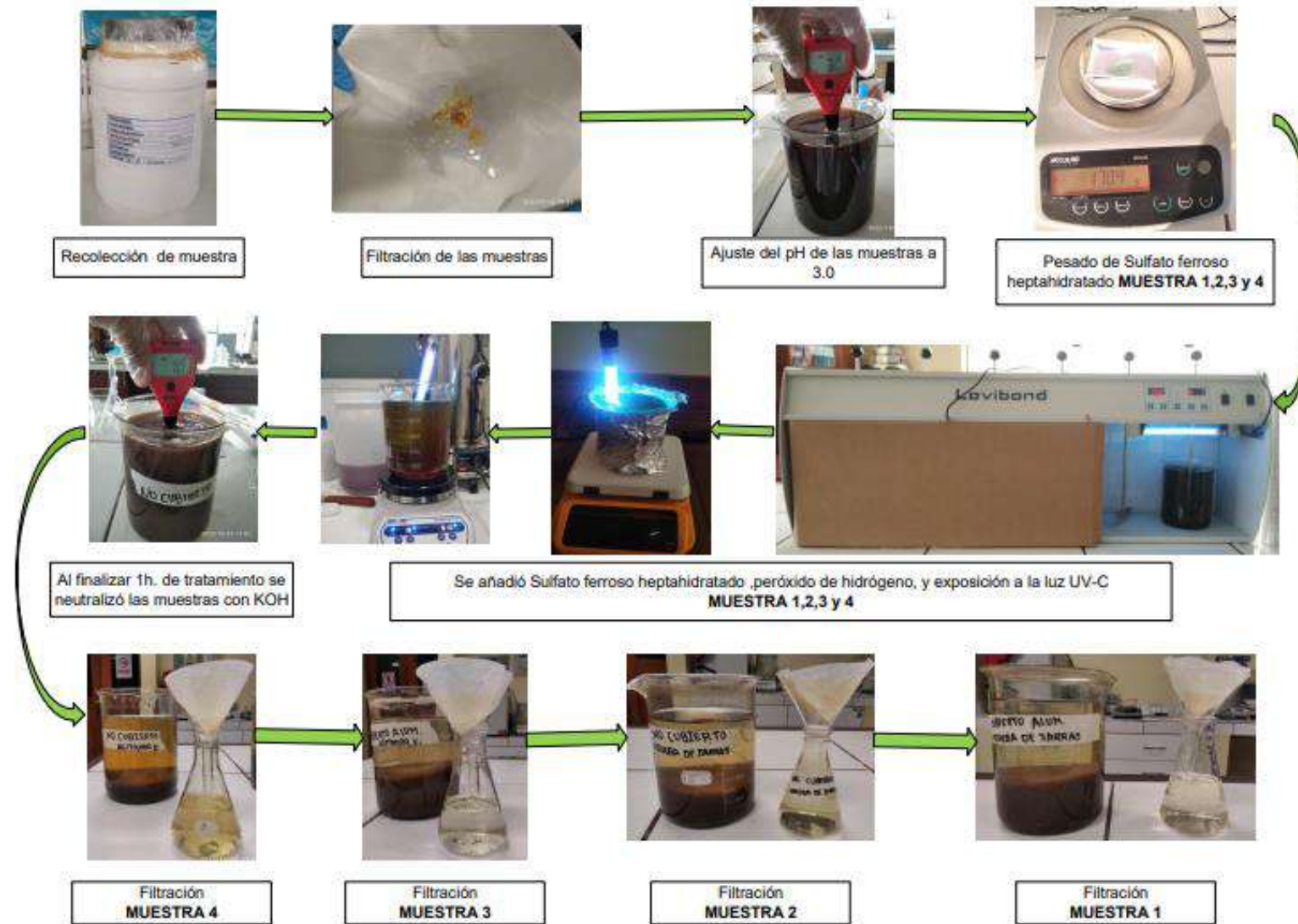
*Pruebas de preexperimentación-Proceso Fotofenton*





**Figura 18**

*Prueba preexperimental 1,2,3 y 4- Proceso Fotofenton*





b) Matriz de experimentación

Se aplicó el diseño Box-Behnken para determinar los valores óptimos de las variables del proceso Fotofenton y también, se utilizó el software Statgraphics para obtener la matriz de distribución de los 15 experimentos. Según los autores (Ranade & Thiagarajan, 2017) la determinación del número de ensayos experimentales según el diseño Box-Behnken está en función de la siguiente ecuación:

$$N = 2k(k - 1) + c_p \quad ( 6 )$$

$$N = 2 \times 3(3 - 1) + 3$$

$$N = 15$$

Donde:

N = Número de experimentos

k = Número de factores

$c_p$  = Número de repeticiones para los puntos centrales

Este diseño contempla tres factores que lo constituyen los parámetros de eficiencia del proceso Fotofenton: sulfato ferroso heptahidratado, peróxido de hidrógeno y pH, codificados como:  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  respectivamente; adicional a ello, los 15 tratamientos ejecutados fueron sometidos a radiación UV-C.

Es relevante mencionar que, el reactor estuvo expuesto a la irradiación de una lámpara de luz ultravioleta con una potencia de 13 watts y una longitud de onda de 254 nm.



**Tabla 10**

*Niveles de los parámetros del proceso Fotofenton*

Variable independiente	Unidades	Símbolo	Código de niveles		
			-	0	+
$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$	mg/ L	$X_1$	1200	1700	2200
$H_2O_2$	mg/ L	$X_2$	700	900	1100
$pH$	mg/ L	$X_3$	2.50	3	3.50
Variable dependiente			$DBO_5$ (mg/ L)		

En la tabla N°11 se puede visualizar la matriz de experimentación para el tratamiento Fotofenton.

**Tabla 11**

*Matriz de experimentación Box Behnken para el proceso Fotofenton*

EXPERIMENTO	Radiación No ionizante UV C	PLAN DE EXPERIMENTACIÓN					
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ (mg/ L)	$H_2O_2$ (mg/ L)	$pH$
1	254 nm	-	-	0	1200	700	3
2	254 nm	+	-	0	2200	700	3
3	254 nm	-	+	0	1200	1100	3
4	254 nm	+	+	0	2200	1100	3
5	254 nm	-	0	-	1200	900	2.5
6	254 nm	+	0	-	2200	900	2.5
7	254 nm	-	0	+	1200	900	3.5
8	254 nm	+	0	+	2200	900	3.5
9	254 nm	0	-	-	1700	700	2.5



<b>10</b>	<b>254 nm</b>	0	+	-	1700	1100	2.5
<b>11</b>	<b>254 nm</b>	0	-	+	1700	700	3.5
<b>12</b>	<b>254 nm</b>	0	+	+	1700	1100	3.5
<b>13</b>	<b>254 nm</b>	0	0	0	1700	900	3
<b>14</b>	<b>254 nm</b>	0	0	0	1700	900	3
<b>15</b>	<b>254 nm</b>	0	0	0	1700	900	3

c) Procedimiento experimental del proceso Fotofenton

El efluente empleado para la experimentación con el proceso Fotofenton fue filtrado después del muestreo, cabe destacar que el efluente remitido al laboratorio también corresponde al efluente filtrado. Dicha filtración se realizó puesto que, de acuerdo a la observación en campo se evidenció la presencia de material grueso (palos, intestinos, pedazos de vísceras, etc.)

Para recalcar, la metodología experimental desarrollada en el presente estudio consideró las investigaciones realizadas por (Behrouzeh, y otros, 2022) y, a su vez, por (Anotaia, Ming Chun, & Chewpreechaa, 2006).

Los 15 experimentos realizados mediante la aplicación del proceso Fotofenton fueron realizados en un sistema discontinuo, en condiciones de temperatura y presión ambiente.

Cabe resaltar que los valores de los parámetros de proceso fueron aplicados de acuerdo a la matriz de experimentación encontrándose en la tabla N° 11.

1. Inicialmente, se realizó el montaje del fotoreactor antes de iniciar con el tratamiento.



**Figura 19**

*Montaje del Fotoreactor*



2. Seguidamente, el volumen de cada alícuota de muestra fue de 1000 ml proveniente de la muestra compuesta anteriormente obtenida, se ajustó el pH añadiendo ácido clorhídrico de acuerdo a los valores de pH establecidos en la matriz de experimentación.

**Figura 20**

*Ajuste del pH a un valor 3*





3. Inmediatamente se realizó el pesado del sulfato ferroso heptahidratado ( $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ ) de acuerdo a la tabla N°11

**Figura 21**

*Pesado de la cantidad necesaria de sulfato ferroso heptahidratado*



4. Seguidamente, se colocaron los fotoreactores en agitadores magnéticos, se añadió el sulfato ferroso heptahidratado ( $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ ) y estuvo en agitación por el lapso de tiempo de 5 minutos.

**Figura 22**

*Adición de sulfato ferroso heptahidratado al fotoreactor*





5. Luego de transcurrir los 5 minutos, se añadió inmediatamente el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$  al 30 % v/v) e inmediatamente, se encendió la lámpara UV. Cabe resaltar que, el vaso precipitado se aisló con papel aluminio para evitar perdida por irradiación, adicional a ello el fotoreactor estuvo cubierto y aislado mediante una caja, el tiempo de reacción de las muestras fue de 1 hora.

**Figura 23**

*Encendido de la lámpara*



**Figura 24**

*Aislamiento del fotoreactor*



6. Al termino de 1 hora de tiempo de reacción, se neutralizó la solución añadiendo el hidróxido de potasio, y en consecuencia, lograr la precipitación.

**Figura 25**

*Ajuste del pH de la muestra después del tratamiento*



7. Por último, se filtraron las muestras a través del empleo de papel filtro de rápida filtración en los frascos de vidrio para su posterior análisis en laboratorio, cabe destacar que esta filtración se realizó en función al volumen de muestra solicitado por el laboratorio (1L), asimismo, en comparación de las muestras obtenidas después del tratamiento con la muestra inicial (sin tratamiento), esta última también fue previamente filtrada.

**Figura 26**

*Filtrado de las 15 muestras-proceso Fotofenton*





- Las 15 muestras tratadas mediante el proceso Fotofenton fueron llenadas completamente en los frascos de vidrio esterilizados, etiquetadas, y transportadas adecuadamente en un cooler con gel pack, a fin de conservar las muestras a una temperatura  $\leq 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , acompañado de la respectiva cadena de custodia. (Ver anexo N°06)

**Figura 27**

*Almacenamiento y transporte de las muestras*



- Culminado la filtración de las muestras se aseguró el secado de los lodos generados en un horno, para posteriormente continuar con el pesado y la disposición adecuada de los mismos.

**Figura 28**

*Secado de lodos generados en el proceso Fotofenton*



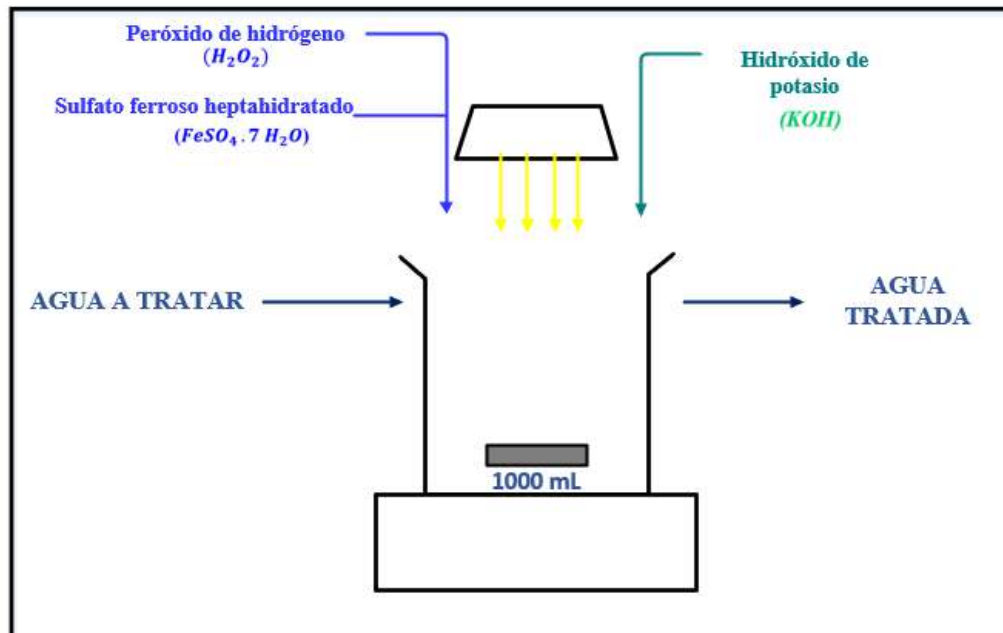
**Figura 29**

*Pesado de lodos generados en el proceso*



**Figura 30**

*Esquema del proceso Fotofenton*





### **3.3 Población**

Para Hernández et al. (2010) la población es un conjunto determinado en sus características, se debe definir en relación a las peculiaridades de la investigación en concordancia con el tiempo y lugar, considerando el planteamiento del problema y los objetivos de la investigación.

Dicho esto, la población estuvo determinada por las aguas residuales generadas en el camal municipal de Cusco durante el proceso de faenamiento.

### **3.4 Muestra**

Hernández et al. (2010) precisa que, la muestra es imprescindible para ejecutar la experimentación, asimismo, la validación de los resultados obtenidos en la muestra de estudio indicará la extensión de la misma en la población. Razón por la cual, radica la importancia de la delimitación y representatividad de la muestra, definida como una subclase o grupo más específico de la población.

Se recolectó una muestra compuesta, que estuvo debidamente homogenizada y fue tomada durante el desarrollo de las actividades de faenamiento a fin de conocer las condiciones promedio y asegurar la representatividad de la muestra en un tiempo determinado. La muestra recolectada fue previamente filtrada antes de someterla a los procesos Fenton y Fotofenton, y después de cada tratamiento previo al envío al laboratorio.

#### **3.4.1 Metodología de muestreo**

Se realizó con la finalidad de obtener una muestra representativa del efluente generado por la actividad de faenamiento, en ese sentido, se utilizó como referencia el “Protocolo de monitoreo de calidad de los Recursos Hídricos ANA- DGCRH” (R.J N°010-2016-ANA).

- a) Selección y ubicación del punto de monitoreo

Mediante la evaluación y seguimiento de la fuente de contaminación registrado en las bitácoras de observación N°01, 02, 03 se determinó el punto de descarga del efluente como único punto de monitoreo. (Ver figura N°32)

**Tabla 12**

*Coordenadas de ubicación del PM-1*

Ubicación	Altitud	Coordenadas
PM-1	3187 msnm	188892 m E 8499813 m S

**Figura 31**

*Ubicación del punto de monitoreo*

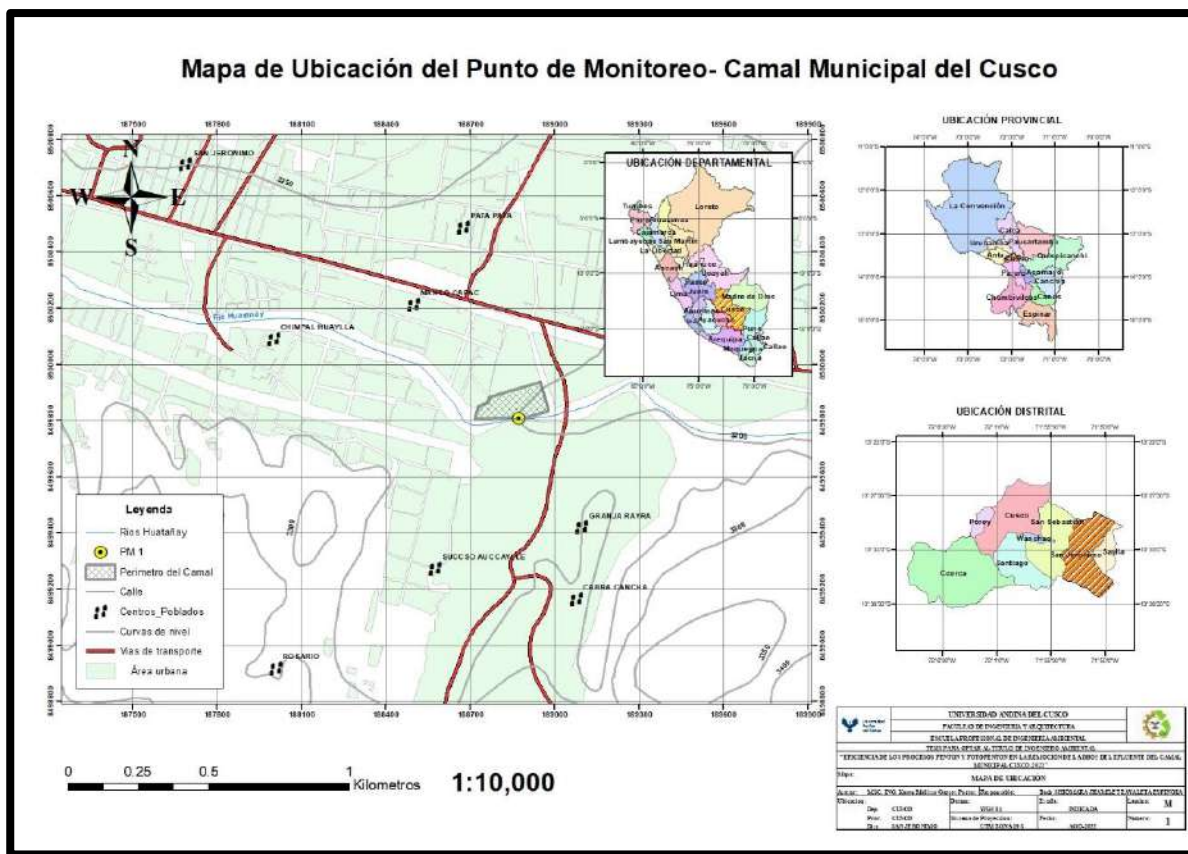






Figura 32

Mapa de Monitoreo - Efluente del Camal Municipal de Cusco



b) Selección de parámetros

Se identificó la actividad generadora y se evaluó los compuestos y sustancias presentes en el efluente de estudio encontrándose en la bitácora N° 04.

En función a dicho análisis se determinaron como parámetros la  $DBO_5$  y  $DQO$ , puesto que, se determinó el grado de biodegradabilidad de las aguas residuales del camal aplicando la siguiente ecuación:

$$(IB) = \frac{DBO}{DQO} \tag{7}$$

Donde:

$DBO$ : Demanda biológica de oxígeno (mg/L)



*DQO*: Demanda química de oxígeno (mg/L)

c) Tipo de muestra de agua

A partir de las visitas de campo y seguimiento de la descarga de aguas residuales detallado en las bitácoras de observación N°01, 02 y 03, se determinó recolectar una muestra compuesta de volumen proporcional, durante el desarrollo de las actividades de faenamiento por un periodo de 3 horas en intervalos de tiempo de 30 minutos.

Para el cálculo del volumen de cada alícuota se consideró la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p} \quad ( 8 )$$

Donde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

$V$ : Volumen total a componer

$Q_i$ : Caudal instantáneo medido en el momento de la toma de muestra

$Q_p$ : Caudal promedio durante el muestreo

$n$ : Número de muestras tomadas

A su vez, el cálculo del caudal instantáneo se realizó mediante la aplicación del método volumétrico, revisar (Hoja de Cálculo N°01). A continuación en la tabla N° 13, se visualiza los datos correspondientes a la cantidad de volumen de muestra a extraer de cada muestra simple recolectada durante el periodo de muestreo, mezclando en un mismo recipiente las alícuotas y efectuando la homogenización correspondiente con la finalidad de obtener una muestra representativa del efluente del camal.



En la siguiente tabla N°13 se puede visualizar los datos obtenidos del cálculo del volumen de cada alícuota correspondiente a la muestra compuesta empleada en la fase experimental del proceso Fenton.

**Tabla 13**

*Cálculo de volumen de cada alícuota - proceso Fenton*

N° MEDICION	HORA	TIEMPO(s)	VOLUMEN(L)	Qi(L/s)	V. ALÍCUOTA (ml)
1	10:15	14.3	50	3.5	1823
2	10:45	7.2	50	7.0	3634
3	11:15	7.2	50	6.9	3594
4	11:45	8.5	50	5.9	3057
5	12:15	5.8	50	8.7	4501
6	12:45	10.1	50	5.0	2579
7	01:15	32.1	50	1.6	812
					20000

<b>Caudal promedio</b>	<b>5.49</b>	Litros/segundo
------------------------	-------------	----------------

<b>Volumen total a componer</b>	<b>20</b>	Litros
---------------------------------	-----------	--------

La tabla N°13 muestra la variabilidad del caudal, puesto que, se registró un caudal mínimo de 1.6 L/s y un caudal máximo de 8.7 L/s, llegando a obtener un caudal promedio de 5.49 L/s en un periodo de muestreo de 3 horas precisamente durante las actividades de faenamiento.



En la siguiente tabla N° 14 se puede visualizar los datos obtenidos del cálculo del volumen de cada alícuota correspondientes a la muestra compuesta empleada en la fase experimental del proceso Fotofenton.

**Tabla 14**

*Cálculo del volumen de cada alícuota-Proceso Fotofenton*

N° MEDICION	HORA	TIEMPO(s)	VOLUMEN(L)	Qi(L/s)	V. ALÍCUOTA (ml)
1	09: 00	16.1	50	3.1	964
2	09:30	5.9	50	8.4	2612
3	10:00	2.1	50	24.0	7461
4	10:30	7.5	50	6.7	2066
5	11:00	2.6	50	19.4	6015
6	11:30	28.7	50	1.7	541
7	12:00	45.5	50	1.1	341
					<b>20000</b>

<b>Caudal promedio</b>	9.21	Litros/segundo
<b>Volumen total a componer</b>	20	Litros

La variabilidad del caudal del efluente se muestra en la tabla N°14, puesto que, el caudal mínimo medido fue de 1.1 L/s y el caudal máximo de 24 L/s, llegando a obtener un caudal promedio de 9.21 L/s durante el periodo de muestreo.



d) Medición de parámetros en campo

Se realizó la lectura de los parámetros en campo (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, total de sólidos disueltos y turbiedad) utilizando el multiparámetro de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

e) Toma, conservación, preservación, almacenamiento y transporte de la muestra

Se consideró el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos-ANA”, para la toma de muestra de la  $DBO_5$  y  $DQO$ .

**Tabla 15**

*Consideraciones para la toma de muestra de  $DBO_5$  y  $DQO$*

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Condiciones de preservación y almacenamiento</b>
<b><math>DBO_5</math></b>	Se recolectó 1 litro de la muestra compuesta, se llenó completamente el frasco y se selló sin burbujas.	Frasco de plástico de 1000ml	No se requirió de preservantes Refrigerado a temperatura $\leq 6^{\circ}C$
<b><math>DQO</math></b>	Se recolectó 250 ml de la muestra compuesta, hasta el cuello de la botella, se cerró y se homogenizó.	Frasco de plástico 250 ml	Ácido sulfúrico Refrigerado a temperatura $\leq 6^{\circ}C$

Finalmente, las muestras fueron transportadas al laboratorio acreditado conservadas en cajas térmicas y con ice pack para su posterior análisis.

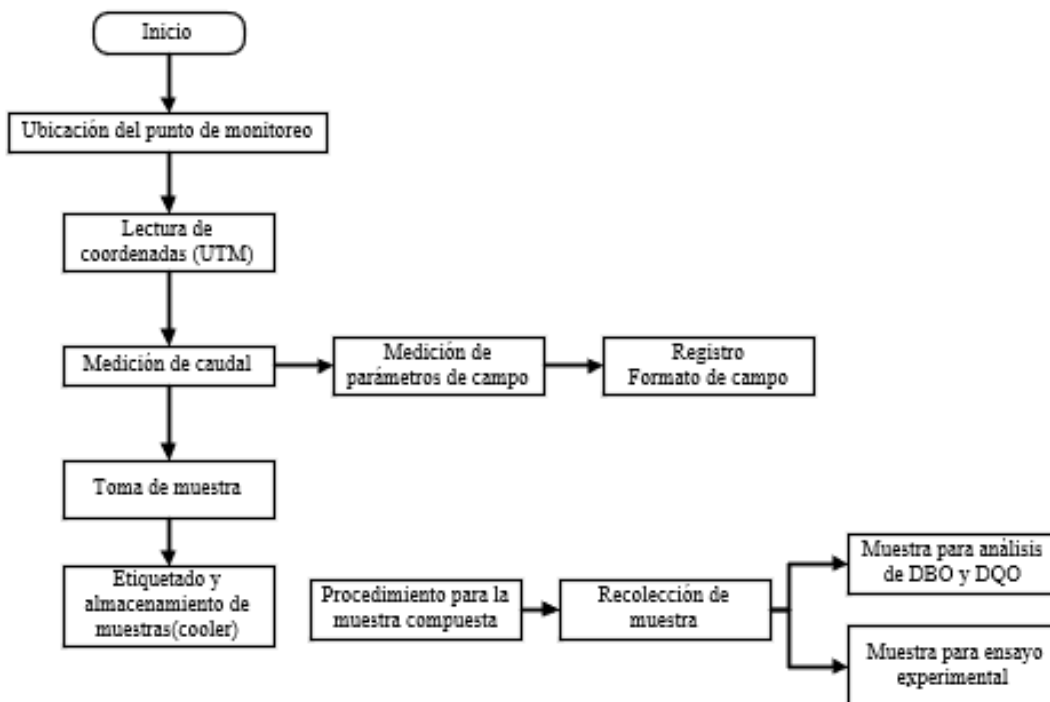
f) Rotulado y etiquetado de las muestras

Los recipientes empleados en la toma de muestras fueron identificados por medio de etiquetas tal como se muestra en el anexo N°07 y se protegió con cinta adhesiva para evitar el deterioro o el humedecimiento de la misma.

A continuación, en la figura N°33 se detallan todos los procedimientos realizados en el trabajo de campo:

**Figura 33**

*Diagrama Procedimental para la toma de muestra*



### 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

#### 3.5.1 Técnicas

a) Técnicas de campo: Para la recolección de la muestra de estudio se utilizó la metodología, y procedimientos establecidos en el “PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS “-RJ 010-2016-ANA.



Tabla 16

Procedimientos para la toma de muestra

PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA
Selección de parámetros	Evaluación del grado de biodegradabilidad de las aguas residuales del camal mediante los valores de <i>DBO</i> y <i>DQO</i> .	
Selección y ubicación del punto de monitoreo	Se identificaron los puntos de monitoreo	
Recolección de muestras	Se recolectaron las muestras durante el desarrollo de las actividades de faenamiento en intervalos de tiempo de 30 minutos, se utilizaron frascos de boca ancha y se llenaron completamente.	
Medición del flujo volumétrico	Se realizó la medición del caudal mediante el método volumétrico	
Lectura de los parámetros de campo	Se tomó la lectura de los parámetros de campo (pH, temperatura, OD, TDS, turbiedad, conductividad)	Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos
Recolección de muestra compuesta	Se recolectó una muestra compuesta de volumen proporcional.	
	<i>DBO<sub>5</sub></i>	
Toma de muestra por parámetro	Se recolectó 1 litro de la muestra compuesta, llenando completamente el frasco de plástico, y no requirió de preservantes	RJ 010-2016-ANA
	<i>DQO</i>	
	Se recolectó 250mL de la muestra compuesta en un frasco de plástico hasta el cuello de la botella y se añadió ácido sulfúrico.	
Identificación de las muestras de agua	Los frascos fueron rotulados con sus respectivas etiquetas y protegidas con cinta adhesiva.	
Conservación y envío de las muestras de agua	Las muestras que fueron recolectadas fueron conservadas en cajas térmicas y con gel pack, a una temperatura de 4°C	



b) Técnica de gabinete: Se analizaron y examinaron diferentes referencias bibliográficas tal como son: trabajos de investigación, revistas científicas, libros, manuales, guías, protocolos nacionales con el fin de diseñar la metodología de muestreo y determinar los factores de mayor implicancia en la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton.

c) Técnicas de laboratorio: Se aplicaron metodologías, técnicas y procedimientos, con la finalidad de determinar los parámetros de proceso y sus concentraciones; a partir de ello se realizaron diferentes pruebas experimentales que determinaron la eficiencia de remoción de la  $DBO_5$  mediante la aplicación de los procesos Fenton y Fotofenton en la muestra de estudio.

**Tabla 17**

*Métodos estandarizados para los análisis*

PARÁMETRO	UNIDAD	TÉCNICA ANALÍTICA
$DBO_5$	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210B,23rd Ed. (2017)
$DQO$	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220C,23rd Ed. (2017)

### 3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

A continuación, se detallan los diferentes instrumentos, equipos y materiales empleados.

a) Trabajo de campo: En campo se utilizaron diferentes equipos e instrumentos durante las actividades de monitoreo.




➤ **Equipos para la medición de parámetros en campo**

Una vez obtenida la muestra se midió en campo temperatura, pH, conductividad, TDS, turbiedad, oxígeno disuelto y % de oxígeno disuelto. A continuación, la tabla N°18 muestra los equipos empleados para tal fin.



**Tabla 18**

*Equipos para la medición de parámetros en campo*

EQUIPO	MODELO	APLICACIÓN	PANEL FOTOGRÁFICO
<b>GPS</b>	Garmin Montana 750i	Ubicación y lectura de coordenadas (UTM) del punto de muestreo	
<b>Multiparámetro</b>	HANNA 9829	HI Lectura de parámetros en campo de la muestra de estudio	
<b>Cronómetro</b>	Casio Hs-80 tw	Medición del tiempo de llenado del recipiente	

b) Materiales de campo: Se utilizaron diversos materiales para el desarrollo del muestreo en campo los cuales fueron preparados con anticipación antes de salir al punto de monitoreo y se detallarán a continuación:

**Tabla 19**

*Materiales de campo*

MATERIALES	
<b>Materiales de campo</b>	Cámara fotográfica
	10 frascos de plástico



		1 balde de 50 litros de capacidad
		2 cooler
		Lapicero/ plumón indeleble
		Cinta de embalaje
		10 gel pack
		Pizarra acrílica
		Plumones de pizarra
<b>Formatos de campo</b>	<b>de</b>	Registros de campo
		Hoja de cálculo
		Cadena de custodia
		Etiqueta de frascos

**Tabla 20**

*Equipos de protección personal*

<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>	
<b>EPPs</b>	Gorro
	Lentes de seguridad
	Mascarilla
	Guantes de nitrilo
	Botas de jebe
	Mameluco

c) Trabajo de laboratorio: Seguidamente se detallarán los diferentes instrumentos y equipos empleados en las pruebas de preexperimentación y experimentación.

- **Instrumentos y equipos empleados en las pruebas experimentales mediante proceso Fenton**

**Tabla 21**

*Instrumentos y equipos empleados en el proceso Fenton*

EQUIPO	MODELO	APLICACIÓN	PANEL FOTOGRÁFICO
--------	--------	------------	-------------------



---

**Balanza Analítica** Atilon ATL – 423 - I Pesado del sulfato ferroso heptahidratado, hidróxido de potasio y de los lodos generados



---

**pH – metro digital de bolsillo** HI 98103 - HANNA Medición del pH de las muestras



---

**Test de Jarras** Lovibond Reactores para el tratamiento de la muestra mediante proceso Fenton



---

**Horno de Laboratorio** HUMBOLDT Secado de los lodos generados producto del tratamiento mediante proceso Fenton








---

➤ **Equipos e instrumentos empleados en las pruebas experimentales mediante el Proceso Fotofenton**

**Tabla 22**

*Instrumentos y equipos empleados en el proceso Fotofenton*



EQUIPO	MODELO	APLICACIÓN	PANEL FOTOGRÁFICO
<b>Balanza Analítica</b>	Atilon ATL – 423 – I	Pesado del sulfato ferroso heptahidratado, hidróxido de potasio y de los lodos generados	
<b>pH – metro digital de bolsillo</b>	HI 98103 – HANNA	Medición del pH de las muestras	
<b>Agitador Electromagnético</b>	CIMAREC	Para el montaje del fotoreactor	
<b>Lámpara UV</b>	Aquarium UV Light UV – 566	Necesario para el montaje del fotoreactor y para el tratamiento mediante el proceso Fotofenton	<b>Aquarium UV Light UV-566</b> 
<b>Horno de Laboratorio</b>	HUMBOLDT	Secado de los lodos generados producto del tratamiento mediante proceso Fotofenton	



d) Materiales de laboratorio: Para el desarrollo experimental de la investigación se utilizaron materiales de vidrio de alta precisión y reactivos químicos en la ejecución de los tratamientos mediante los procesos Fenton y Fotofenton.

**Tabla 23**

*Materiales de laboratorio*

<b>MATERIALES</b>	
<b>Materiales de Vidrio</b>	1 probeta de 1000 ml
	6 vasos de precipitación de vidrio de 1000 ml
	2 vasos precipitados de 250 ml
	2 pipetas volumétricas de 1 ml
	2 pipetas volumétricas de 2 ml
	1 propipeta
	1 espátula
	2 varillas de vidrio
	6 pliegos de papel filtro de rápida filtración
	6 goteros de laboratorio

**Tabla 24**

*Reactivos químicos para pruebas experimentales*

<b>REACTIVOS</b>	
<b>Reactivos químicos</b>	Ácido clorhídrico
	Hidróxido de potasio
	Peróxido de hidrogeno al 30 % v/v
	Sulfato ferroso heptahidratado $FeSO_4 \cdot 7H_2O$



**Tabla 25**

*Equipos de protección personal*

---

**EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL**

---

<b>EPP's</b>	Barbijos
	Guantes
	Lentes con filtro de protección UV
	Guardapolvo

---

### **3.6 Validez y Confiabilidad de los Instrumentos**

Se consideró la metodología expuesta en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” aprobado mediante Resolución Jefatural N°010-2016-ANA, cuyo propósito fue la recolección de una muestra compuesta representativa.

A su vez, las muestras resultantes tanto antes como después de la aplicación de los tratamientos Fenton y Fotofenton fueron analizadas en un laboratorio acreditado por INACAL. En cuanto, al análisis de la  $DBO_5$  se empleó el método manométrico y con respecto al análisis de la  $DQO$ , se aplicó el método titrimétrico (reflujo cerrado) del Standard Methods 23rd Edition.

Del mismo modo, todos los instrumentos utilizados en el desarrollo del trabajo en campo y en laboratorio de la presente investigación fueron revisados y validados mediante una prueba de expertos adjuntados en el inciso F (validación de instrumentos).

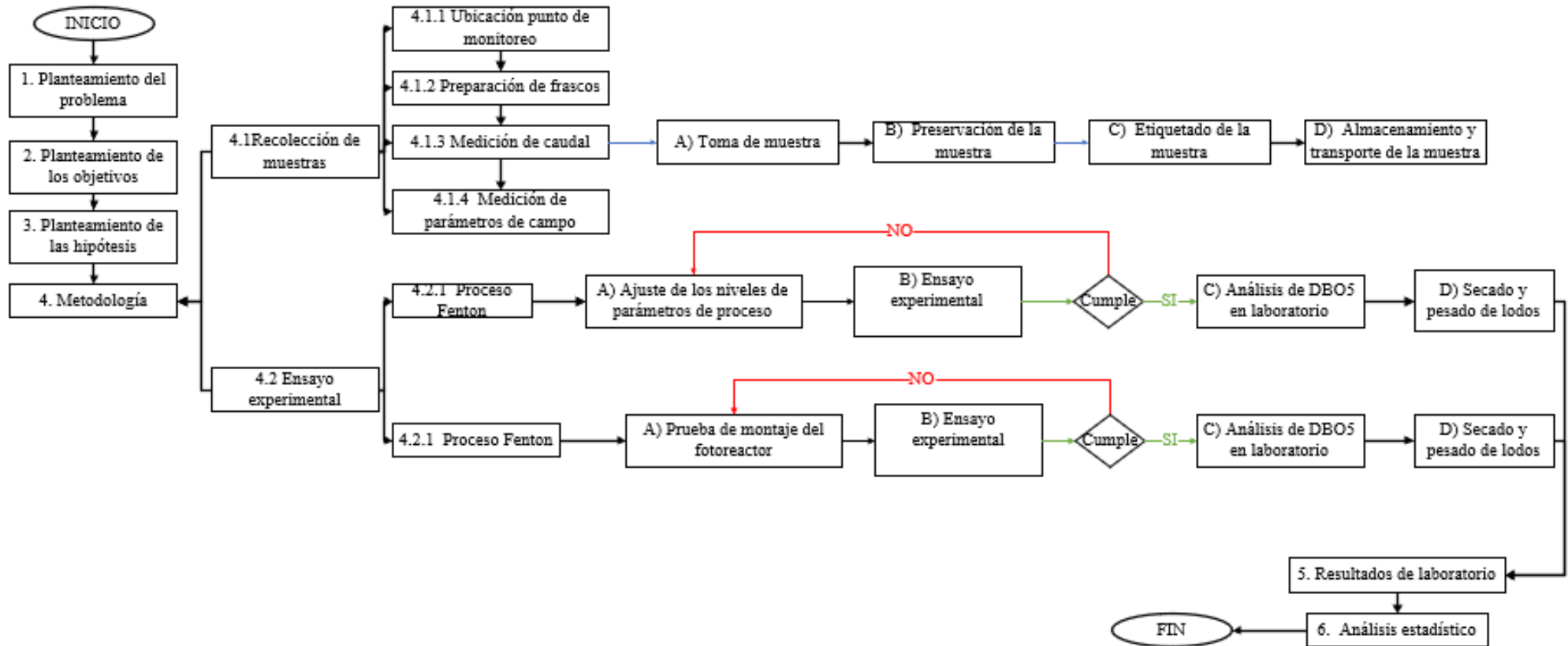
### **3.7 Plan de Análisis De Datos**

En esta sección se detallará los procedimientos desarrollados en la etapa de campo y experimental de los cuales se obtuvieron diferentes datos. En el siguiente flujograma podemos visualizar con mayor detalle. (Figura N°34)



Figura 34

Flujograma de las etapas de experimentación





En relación al análisis de los datos obtenidos y el procesamiento de los mismos, se empleó el software SPSS mediante el cual se hizo la prueba de hipótesis, de igual modo se empleó el software Statgrafics Centurión XVI, cuya relevancia radica en los diferentes gráficos y diagramas que permitió visualizar los porcentajes de remoción de la  $DBO_5$  en función a los valores de los parámetros de proceso.

**Tabla 26**

*Plan de análisis de datos*

PLAN DE ANALISIS DE DATOS		
NIVEL	HIPOTESIS A PROBAR	MEDIO
<b>HG</b>	El proceso Fotofenton es más eficiente en la remoción de la $DBO_5$ con respecto al proceso Fenton en el efluente del Camal Municipal de Cusco,2021	% de remoción, análisis estadístico
<b>HE-1</b>	El efluente del camal Municipal de Cusco presenta valores altos en sus parámetros fisicoquímicos, 2021.	Equipo de medición
<b>HE-2</b>	El efluente del camal Municipal de Cusco es biodegradable,2021	Análisis en laboratorio, cálculo del índice de biodegradabilidad
<b>HE-3</b>	El proceso Fenton logra una remoción entre el 30% al 70% de la $DBO$ del efluente del camal, 2021.	% de remoción, análisis estadístico
<b>HE-4</b>	El proceso Fotofenton logra una remoción entre el 40% al 80% de la $DBO$ del efluente del camal, 2021.	% de remoción, análisis estadístico





## CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Resultados respecto a los objetivos específicos

**OE-1: Determinar los valores fisicoquímicos del efluente del camal Municipal de Cusco, 2021**

- **Características fisicoquímicas del efluente del camal Municipal de Cusco- Proceso Fenton**

Por medio de la medición en campo de los parámetros de carácter fisicoquímico de la muestra en estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 27**

*Registro de parámetros en campo - Muestreo proceso Fenton*

N° MEDICIÓN	HORA	pH	T°	OD	%OD	COND.	TDS	TURBIEDAD
			°C	mg/L		$\mu S/cm$	ppm	NTU
01	10:17 am	7.32	16.20	0	0	1538	Mayor a 1000	557
02	10:46 am	7.77	16.97	0	0	1335	668	543
03	11:16 am	7.54	18.17	0	0	1810	903	529
04	11:46 am	7.38	18.62	0	0	1740	871	585
05	12:16 am	7.65	18.88	0	0	1224	613	515
06	12:46 pm	7.34	18.37	0	0	1782	890	587.5
07	01:16 pm	7.52	17.32	0	0	1253	627	594.5

#### a) Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la tabla N°27, muestra que el efluente del camal presenta valores de pH de 7.32 – 7.77, el cual indica que se encuentra dentro del rango aceptable propuesto por los Límites Máximos Permisibles (LMP) en los vertimientos puntuales de aguas residuales de



actividades productivas de ganadería (RESOLUCIÓN N°631-MINAM COLOMBIA). Es necesario resaltar que, la normativa antes mencionada fue empleada como referencia en esta investigación debido a que en la normativa ambiental peruana se cuenta solamente con una propuesta de Límites Máximos Permisibles para efluentes de actividades agroindustriales, la cual no se encuentra aprobada por el MINAM.

En su investigación (Becerra Gutierrez, Horna Acevedo, & Barrionuevo Albuja, 2014) obtuvieron los siguientes resultados de análisis físico-químico de la planta de faenamiento N°1 los cuales fueron: pH= 7.4, temperatura = 23.95 °C, conductividad= 2675  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , TDS= 1364.5 mg/L, cuyos valores son más elevados que los obtenidos en el camal municipal de Cusco.

Sin embargo, los resultados obtenidos en la investigación con respecto a la planta N°05 fueron: pH= 7.68, temperatura = 24.67 °C, conductividad= 1734.58  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , TDS= 867.52 mg/L, del cual se deduce que los efluentes generados en la planta de beneficio de La libertad con los generados en el camal de Cusco presentan características físico-químicas similares.

Asimismo, se muestra los resultados del análisis de la DBO inicial de la muestra, esto porque, es indispensable conocer dicho valor para obtener el porcentaje de eficiencia del tratamiento Fenton; y el valor de pH inicial, por la importancia del ajuste de este parámetro antes del tratamiento.

**Figura 35**

*Medición del pH de la muestra para tratamiento Fenton*



**Tabla 28**

*Valores de la DBO y pH del efluente - Proceso Fenton*

PROCESO FENTON		
Parámetro	Valor	Unidad
pH	7.8	-
DBO inicial	1207.89	mg / L

En la tabla N°28 encontramos el valor de pH de la muestra antes del tratamiento el cual fue 7.8, lo que indica que no sobrepasa los Límites Máximos Permisibles (LMP) para ese parámetro químico. No obstante, el valor de DBO inicial supera el valor establecido por la normativa ambiental colombiana.

El pH del efluente del camal es ligeramente alcalino (7.8), lo cual indica según (Bermeo Garay, Bonilla Bermeo, & Coloma Coloma, 2017) que existe la disminución de la concentración de iones de hidrógeno en el agua residual.



La investigación realizada por (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002) establecieron que obtener valores altos de  $DBO_5$ , evidencia una alta concentración de materia orgánica biodegradable, correspondiente al valor de la DBO inicial resultante de 1207.89 mg/L.

- **Características fisicoquímicas del efluente del camal Municipal de Cusco-Proceso Fotofenton**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la medición en campo de los parámetros de carácter fisicoquímico de la muestra en estudio previo al tratamiento Fotofenton.

**Tabla 29**

*Resultados de la medición de parámetros en campo - Proceso Fotofenton*

N° MEDICIÓN	HORA	pH	T°	OD	%OD	COND.	TDS	TURBIEDAD
			°C	mg/L		$\mu S/cm$	ppm	FNU
01	09:02 am	7.73	17.9	0	0 %	1438	719	906
02	09:31 am	7.54	18.69	0	0 %	1583	790	867.5
03	10:01 am	7.06	19.61	0	0 %	2073.5	1033.5	979
04	10:32 am	7.68	18.59	0	0 %	1207	604	168.5
05	11:00 am	7.31	19.52	0	0 %	1924.5	958	688.5
06	11:30 pm	7.37	19.12	0	0 %	1747	869.5	908.5
07	12:00 pm	7.52	19.55	0	0 %	1704.5	846	508

Los resultados obtenidos en la tabla N° 29, muestra que el efluente del camal presenta valores de pH de 7.06 – 7.73, el cual indica que se encuentra dentro del rango aceptable propuesto por los Límites Máximos Permisibles (RESOLUCIÓN N°631-MINAM COLOMBIA)

La investigación realizada por (Becerra Gutierrez, Horna Acevedo, & Barrionuevo Albujar, 2014) lograron obtener los siguientes resultados del análisis físico-químico de la planta N°5 los

cuales fueron: pH= 7.68, temperatura = 24.67 °C, conductividad= 1734.58  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , TDS= 867.532 mg/L, cuyos valores son semejantes para las características presentes en el efluente del camal.

A su vez, los resultados de la investigación con respecto a la planta N°06 fueron: pH= 7.47, temperatura = 23.18 °C, conductividad= 1972  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , TDS= 962.83 mg/L, del cual se infiere que el efluente del camal presenta características fisicoquímicas similares a las plantas de beneficio de la Libertad.

Asimismo, en la tabla N° 30 se muestra los resultados del análisis de la DBO inicial y el valor de pH de la muestra compuesta previamente a la aplicación del proceso Fotofenton.

### Figura 36

*Medición de pH de la muestra para tratamiento-Proceso Fotofenton*



**Tabla 30**

*Valores de la DBO y pH del efluente - proceso Fotofenton*

PROCESO FOTOFENTON		
Parámetro	Valor	Unidad
pH	7.6	-
DBO inicial	3946.84	mg / L



Los resultados obtenidos en la tabla N°30, indican que el valor de pH se encuentra dentro del rango permisible, por el contrario, el valor elevado de la DBO inicial de muestra excede los Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial. (RESOLUCIÓN N°631. 2015-MINAM COLOMBIA)

Según (Bermeo Garay, Bonilla Bermeo, & Coloma Coloma, 2017) establecen que, un pH básico se caracteriza por una disminución de la concentración de iones de hidrógeno.

El pH del efluente del camal es ligeramente alcalino (7.6), razón por el cual tendría un valor bajo de concentración de iones de hidrógeno.

La investigación realizada por (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002) expresa que el valor alto expresado por la DBO (3946.84 mg/ L) indica una alta concentración de materia orgánica biodegradable en las aguas residuales provenientes del camal municipal.

**0E-2: Analizar el grado de biodegradabilidad del efluente del camal Municipal de Cusco, 2022.**

A través del cálculo del índice de biodegradabilidad (IB) aplicado a la muestra en estudio se logró evaluar si el efluente del camal es biodegradable o no y, a su vez, entender la naturaleza de los contaminantes orgánicos.

**Tabla 31**

*Valores de la DBO y DQO antes del proceso Fenton*

PROCESO FENTON		
Parámetro	Valor	Unidad
DBO	1207.89	mg/ L
DQO	2501.00	mg / L



En la tabla N°31, se obtuvieron los resultados iniciales de la DBO y DQO de la muestra antes de aplicar el proceso Fenton, los cuales resultaron valores superiores a los establecidos en los Límites máximos permisibles (RESOLUCIÓN N°631-2015-MINAM COLOMBIA).

$$(IB) = \frac{DBO}{DQO} \quad (9)$$

$$IB = \frac{1207.89}{2501.00}$$

$$IB = 0.48$$

De acuerdo al resultado obtenido, el Índice de Biodegradabilidad indica que el efluente es poco biodegradable según los criterios de clasificación descritos en el subcapítulo 2.2 (inciso 2.2.5)

Según (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002) explican que esto se debe a que existe mayor predominancia de contaminantes orgánicos no biodegradables presentes en el efluente del camal.

**Tabla 32**

*Valores de la DBO y DQO antes del proceso Fotofenton*

PROCESO FOTOFENTON		
Parámetro	Valor	Unidad
DBO	3946.84	mg/L
DQO	5201.59	mg/L

En la tabla N°32, se obtuvieron los resultados iniciales de la DBO y DQO de la muestra antes de su tratamiento mediante el proceso Fotofenton, siendo valores muy altos que sobrepasan



lo establecido en los Límites máximos permisibles (RESOLUCIÓN N°631-2015-MINAM COLOMBIA).

$$(IB) = \frac{DBO}{DQO} \quad (10)$$

$$IB = \frac{3946.84}{5201.59}$$

$$IB = 0.76$$

De acuerdo al resultado obtenido, el Índice de Biodegradabilidad indica que el efluente es biodegradable.

Según (Gonzales, Orozco, Pérez, Alfayate, & Rodriguez, 2002) explican que esto se debe a que existe mayor predominancia de contaminantes orgánicos biodegradables existentes en el efluente del camal.

**OE-3: Evaluar la eficiencia de remoción de la DBO del efluente del camal empleando el proceso Fenton.**

La tabla N°33 muestra los resultados de los análisis de la DBO tanto antes como después del tratamiento mediante la aplicación del proceso Fenton en las muestras filtradas, a partir de estos datos se obtuvieron los porcentajes de remoción de la DBO.

Según los resultados obtenidos en la tabla N°33, podemos destacar la significancia del experimento N°05 en comparación a los demás, cuyos parámetros de proceso fueron los siguientes:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1200 \text{ mg/L}$ ,  $H_2O_2 = 900 \text{ mg/L}$  y  $pH = 2.5$  logrando un valor de  $DBO = 72.91$  correspondientes a un porcentaje de remoción del 93.96 % .





**Tabla 33**

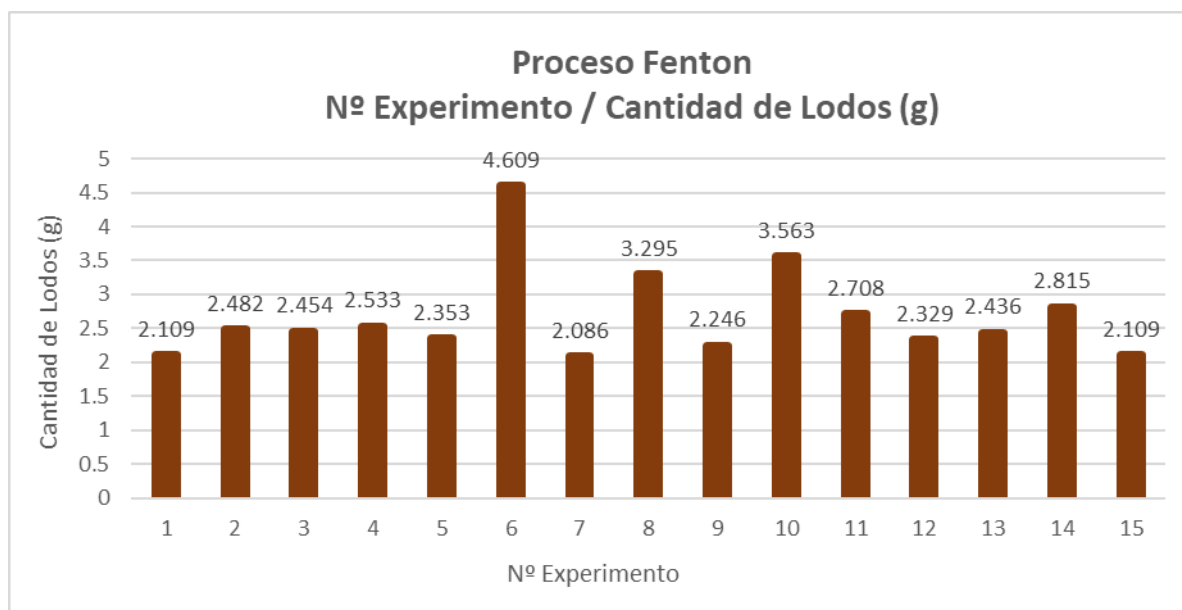
*Resultados de laboratorio - proceso Fenton*

RESULTADOS DE LABORATORIO							
TESIS: “Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la DBO5 del efluente del Camal Municipal Cusco – 2021”							
PROCESO FENTON							
N° EXPERIMENTO	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (mg/L)	$H_2O_2$ (mg/L)	PH	DBO <sub>5</sub> ANTES DEL TRATAMIENTO (mg / L)	DBO <sub>5</sub> DESPUES DEL TRATAMIENTO (mg/L)	% REMOCION DE DBO <sub>5</sub>	Cantidad de lodos generados (g)
1	1200	700	3	1207.89	116.09	90.39	2.109
2	2200	700	3	1207.89	360.91	70.12	2.482
3	1200	1100	3	1207.89	103.17	91.46	2.454
4	2200	1100	3	1207.89	94.23	92.20	2.533
5	1200	900	2.5	1207.89	72.91	93.96	2.353
6	2200	900	2.5	1207.89	100.59	91.67	4.609
7	1200	900	3.5	1207.89	113.31	90.62	2.086
8	2200	900	3.5	1207.89	80.13	93.37	3.295
9	1700	700	2.5	1207.89	121.78	89.92	2.246
10	1700	1100	2.5	1207.89	139.13	88.48	3.563
11	1700	700	3.5	1207.89	99.73	91.74	2.708
12	1700	1100	3.5	1207.89	102.05	91.55	2.329
13	1700	900	3	1207.89	110.26	90.87	2.436
14	1700	900	3	1207.89	115.43	90.44	2.815
15	1700	900	3	1207.89	108.27	91.04	2.109

En el figura N°37 se observa la cantidad generada de lodos en los 15 tratamientos realizados, de los que se destaca el experimento N° 06 por la mayor generación de lodo (4.609 g) a comparación de los demás experimentos, sin embargo, no es tan significativa la cantidad generada.

### Figura 37

*Cantidad de lodos generados después del proceso Fenton*



Por otro lado, cabe destacar que se utilizó 2200 mg/L de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  correspondiente a un nivel alto de concentración (Tabla N°33), de acuerdo con (Sánchez, 2015) la producción de lodos está relacionado con la generación de precipitados de hidróxido férrico  $FeOH_3$ , encontrándose como material sedimentable de tono pardo-rojizo después del tratamiento.



a) Análisis estadístico de la eficiencia de remoción de la DBO empleando el proceso Fenton

Se utilizó el software IBM SPSS con el fin de realizar la prueba de hipótesis planteados en relación al proceso Fenton mediante el método estadístico de rangos de Wilcoxon (no paramétrico).

**Tabla 34**

*Eficiencia de remoción de la DBO del efluente -Proceso Fenton*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
Remoción	15	70,12	93,96	89,86	5,62

En la tabla N°34 podemos visualizar que, se tienen 15 muestras cuya lecturas máxima y mínima del porcentaje de remoción de DBO corresponde al 93.96% y 70.12% respectivamente, y cuya desviación estándar es  $\pm 5,62$ .

b) Prueba de normalidad

Según la prueba de normalidad de Shapiro Wilks ( $n < 50$ ) evaluado para el proceso Fenton, se encontró que los datos de estudio no presentan distribución de normalidad ( $P < 0.05$ ), por lo que se utilizará la estadística no paramétrica de Rangos de Wilcoxon en la comparación de las mediciones antes y después del proceso.

**Tabla 35**

*Prueba de normalidad-proceso Fenton*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P.
Antes - Después	0.508	15	0.000

Donde:



$P < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

$P \geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Entonces:

$H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal

$H_1$  = Los datos no provienen de una distribución normal

c) Prueba de hipótesis

A su vez, según la tabla N° 36, el promedio de  $DBO_5$  antes del proceso era de 1207.890 mg/L después del proceso con Fenton el promedio es de  $108.27 \pm 67.870$ , al comparar las medidas del proceso Fenton antes y después mediante la prueba no paramétrica de Rangos de Wilcoxon con  $p = 0.001 < 0.05$ , existen diferencias estadísticamente significativas en las medidas de  $DBO_5$  en el proceso Fenton.

Donde:

$P < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

$P \geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Entonces, se acepta la hipótesis del investigador.

$H_0$  = No hay diferencias en la remoción de la  $DBO_5$  antes y después del proceso Fenton

$H_1$  = Hay diferencias en la remoción de la  $DBO_5$  antes y después del proceso Fenton

**Tabla 36**

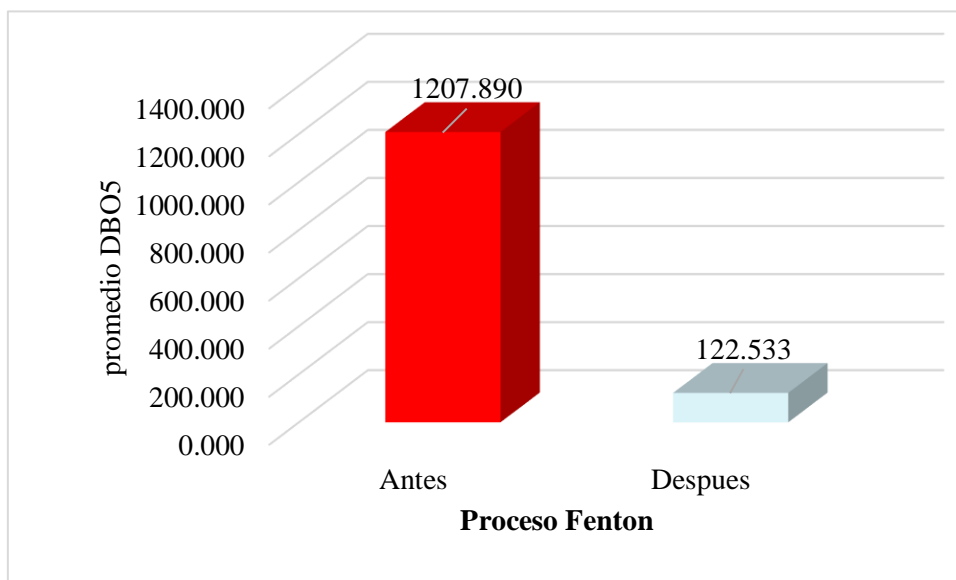
Prueba de hipótesis - proceso Fenton

	Media	Mediana	N	Desviación Estándar	Rango de Wilcoxon	
					Z	P
Antes	1207.890	1207.890	15.000	0.000	-3.408	0.001
Después	122.533	108.27	15.000	67.870		



**Figura 38**

*Comparación del proceso Fenton*



d) Análisis de la varianza para el porcentaje de remoción de la DBO mediante el proceso Fenton.

**Tabla 37**

*Análisis de Varianza para remoción de DBO<sub>5</sub> – proceso Fenton*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Concentración $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	45.4581	1	45.4581	475.34	<b>0.0021</b>
B: Concentración $H_2O_2$	57.8888	1	57.8888	605.32	<b>0.0016</b>
C: pH	1.32031	1	1.32031	13.81	0.0654
AA	7.02314	1	7.02314	73.44	<b>0.0133</b>
AB	110.355	1	110.355	1153.94	<b>0.0009</b>
AC	6.3504	1	6.3504	66.40	<b>0.0147</b>
BB	41.726	1	41.726	436.31	<b>0.0023</b>
BC	0.390625	1	0.390625	4.08	0.1807
CC	33.2492	1	33.2492	347.67	<b>0.0029</b>
Error puro	0.191267	2	0.0956333		
Total (corr.)	442.015	14			

R-cuadrada = 70.0853 por ciento




---

Error estándar del est. = 0.309246  
 Error absoluto medio = 2.36411  
 Estadístico Durbin-Watson = 3.16779 (P=0.9642)

---

En este caso, se identificó 7 efectos que tienen significancia en el tratamiento, puesto que, tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

e) Optimización de los factores intervinientes en el % de remoción de DBO mediante el proceso Fenton

Considerando que se desea maximizar el porcentaje de remoción de la DBO a un valor de 96.25%, entonces se necesitaría 1200 mg/L de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , 814.488 mg/L de  $H_2O_2$  y un pH = 2.5 para llegar a dicha optimización.

**Tabla 38**

*Valores óptimos de los factores intervinientes – proceso Fenton*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
<b>Concentración <math>FeSO_4 \cdot 7H_2O</math></b>	1200.0	2200.0	1200
<b>Concentración <math>H_2O_2</math></b>	700.0	1100.0	814.488
<b>pH</b>	2.5	3.5	2.5
<b>Variable de respuesta</b>	96.2572 %		

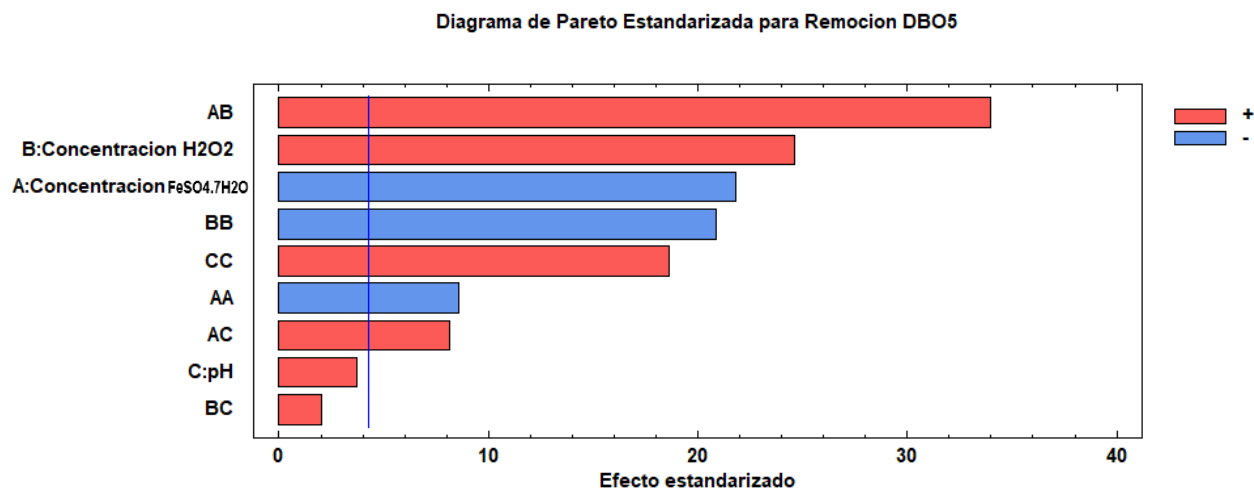
En la figura N°39, se visualiza los efectos positivos como negativos de los factores de estudio y las diferentes interacciones de las mismas, del cual se infiere que 7 de esos tienen influencia significativa en la remoción de la DBO. Sin embargo, cabe resaltar que la interacción de mayor efecto positivo corresponde a las concentraciones del catalizador y el oxidante. En tal sentido, afirman (Neyens & Baeyens, 2003) que la concentración del  $H_2O_2$  influye directamente



sobre la eficacia del proceso mientras que la concentración del  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  está relacionada con la cinética de la reacción.

### Figura 39

Diagrama de Pareto – Proceso Fenton

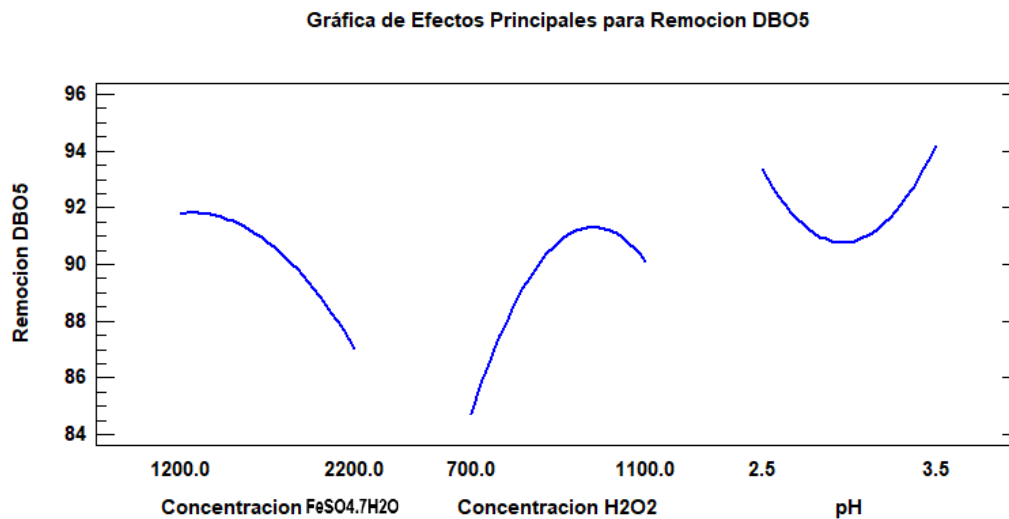


En la siguiente figura N°40, podemos visualizar los efectos principales de los 3 factores de estudio. En el caso del catalizador, podemos inferir que a medida que se incrementa la concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  hasta 1200 mg/L existe también un mayor porcentaje (92%) de remoción de DBO; por el contrario, los excesos en esta concentración (2200 mg/L) inhiben en la degradación de la DBO. En el caso, del efecto del oxidante a valores altos de concentración (1100 mg/L) alcanzan el 90% de remoción en la DBO. Finalmente, en el caso del pH cuyo rango es 2.5-3.5 resultaron óptimos debido a que alcanzó el 94% de remoción de la DBO.



**Figura 40**

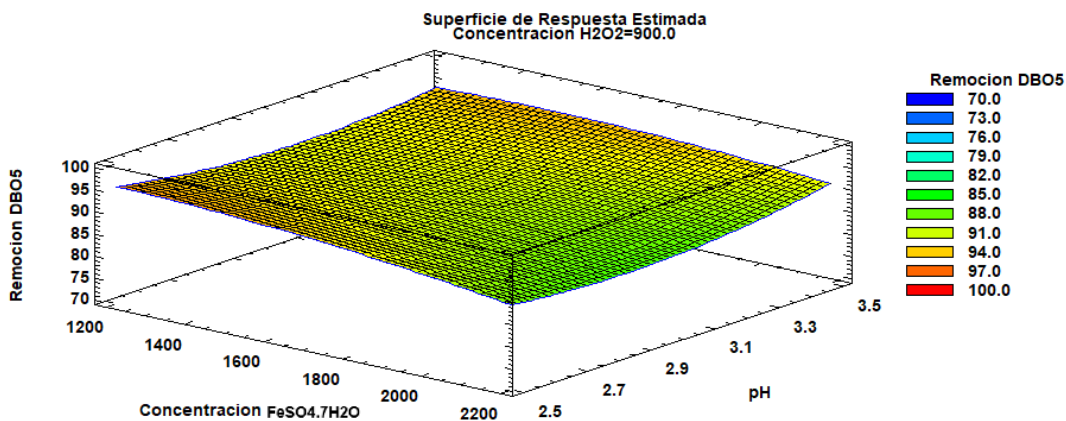
*Efectos principales para remoción de DBO5*



En la figura N°41, se muestra que el porcentaje más alto de remoción de  $DBO_5$  mediante el proceso Fenton corresponde a un 97%, y se lograría con una concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1200$  mg/L ,  $pH = 2.5$  y un valor intermedio de la concentración de  $H_2O_2 = 900$  mg/L.

**Figura 41**

*Superficie de respuesta estimada – proceso Fenton*



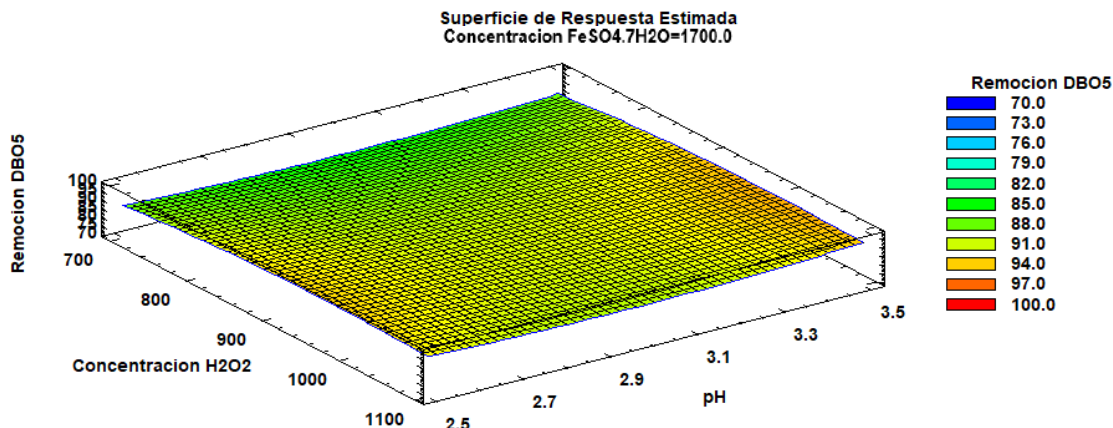




En la figura N°42, se muestra la superficie de respuesta que alcanzó un 94% de remoción de  $DBO_5$  mediante el proceso Fenton con los siguientes valores:  $pH = 3.5$ , la concentración de  $H_2O_2 = 1000$  mg/L y un valor intermedio de concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1700$  mg/L.

**Figura 42**

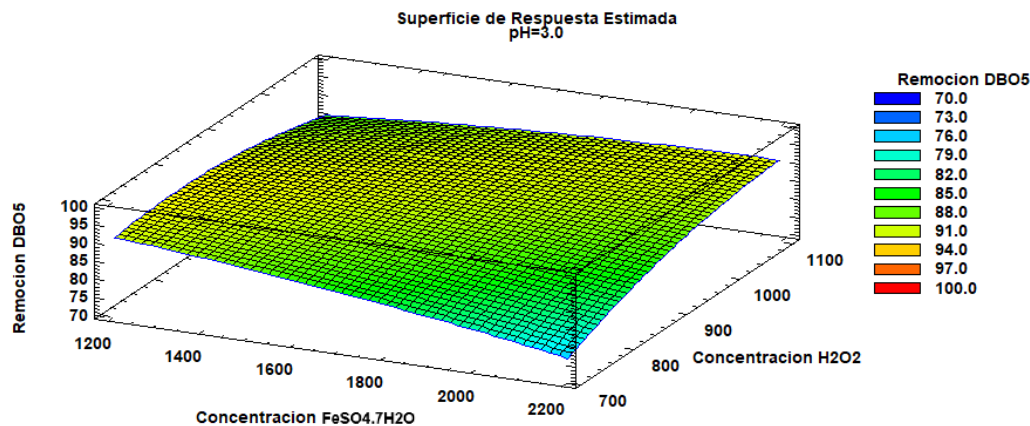
*Superficie de repuesta estimada– proceso Fenton*



En la figura N°43, se muestra que el porcentaje más alto de remoción de  $DBO_5$  mediante el proceso Fenton corresponde a un 94%, y a una concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1200$  mg/L, concentración de  $H_2O_2 = 900$  mg/L y un valor intermedio de  $pH = 3.0$

**Figura 43**

*Superficie de respuesta estimada –proceso Fenton*

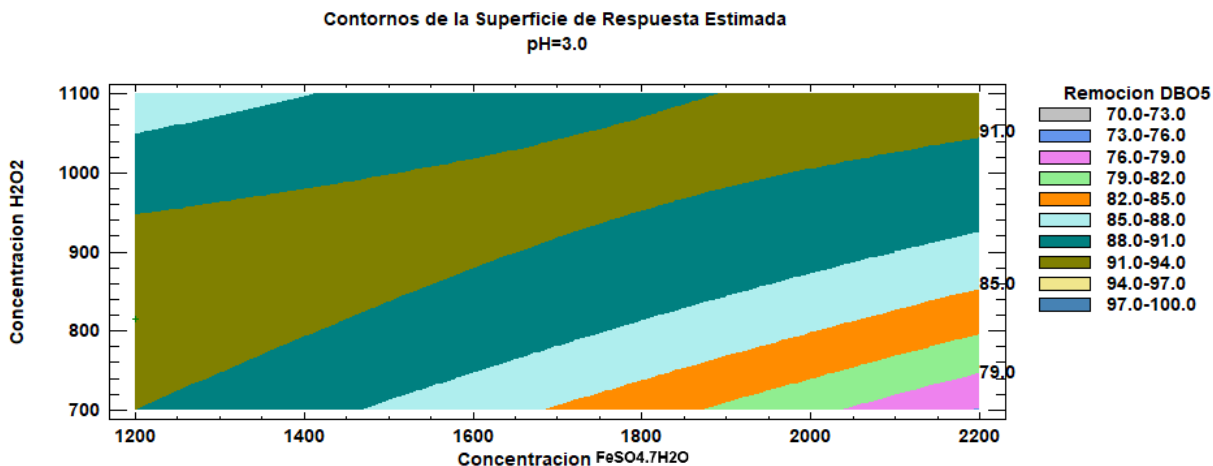




En la figura N°44, según el diagrama de contorno de superficie la región delimitada de color verde oscuro corresponde a un valor alto de remoción del 91 al 94% de la  $DBO_5$ .

**Figura 44**

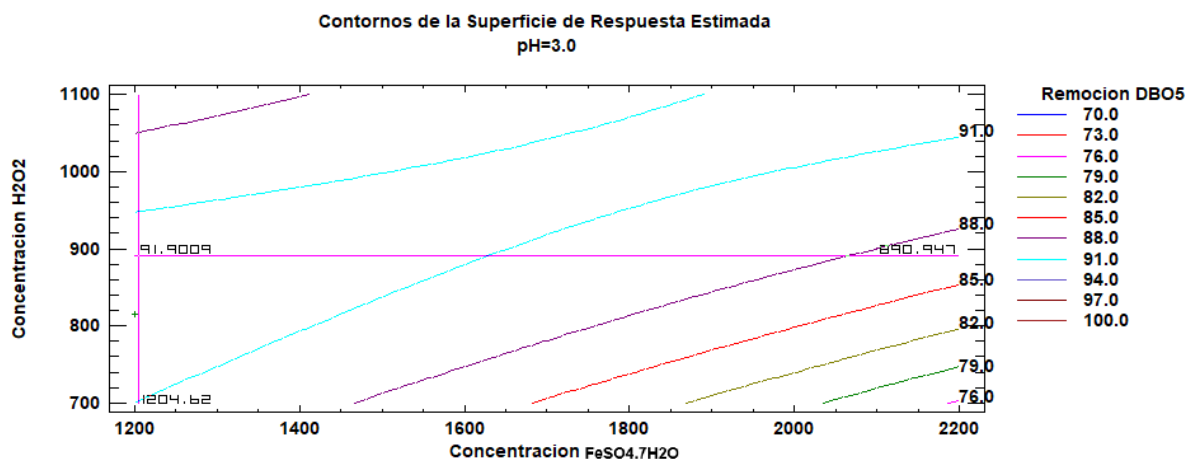
*Diagrama de Contornos de la Superficie de Respuesta-Proceso Fenton*



De igual manera, en el diagrama N°45 el punto máximo de remoción de la  $DBO_5$  corresponde al 91%, con una concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1204.62$  mg/L, concentración de  $H_2O_2 = 890.947$  mg/L y pH= 3.0.

**Figura 45**

*Diagrama de Contornos de Superficie de Respuesta-Proceso Fenton*





La remoción de la  $DBO_5$  empleando los 3 parámetros del proceso Fenton se ajusta a la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} \text{Remoción } DBO_5 = & 222.863 - 0.0484033 \cdot \text{Concentración } FeSO_4 \cdot 7H_2O + 0.0660575 \cdot \text{Concentración} \\ & H_2O_2 - 82.588 \cdot \text{pH} - 0.00000551667 \cdot \text{Concentración}(FeSO_4 \cdot \\ & 7H_2O)^2 + 0.000052525 \cdot \text{Concentración } FeSO_4 \cdot 7H_2O \cdot \text{Concentración } H_2O_2 \\ & + 0.00504 \cdot \text{Concentración } FeSO_4 \cdot 7H_2O \cdot \text{pH} - 0.0000840417 \cdot \text{Concentración} \\ & (H_2O_2)^2 + 0.003125 \cdot \text{Concentración } H_2O_2 \cdot \text{pH} + 12.0033 \cdot (\text{pH})^2 \end{aligned} \quad (11)$$

Según la ecuación N°11, los valores de las variables presentados están especificados en sus unidades originales. La ecuación es válida para  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  en un rango de 1200-2200 mg/L,  $H_2O_2$  entre 700-1100 mg/L y pH entre 2.5-3.5.

**OE-4 Evaluar la eficiencia de remoción de la DBO del efluente del camal empleando proceso Fotofenton.**

La tabla N°39 muestra el resultado del valor inicial de  $DBO_5 = 3946.84$  mg/L. y, a su vez, los resultados de los análisis después de aplicarse el proceso Fotofenton. A partir de estos datos se obtuvieron los porcentajes de remoción de la DBO.

Según los resultados obtenidos, podemos destacar la significancia del experimento N° 05 en comparación a los demás, cuyos parámetros de proceso fueron los siguientes:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1200$  mg/L,  $H_2O_2 = 900$  mg/L y pH =2.5 logrando un valor de DBO = 211.91 correspondiente a un porcentaje de remoción del 94.63 % .



**Tabla 39**

*Resultados de Laboratorio-Proceso Fotofenton*

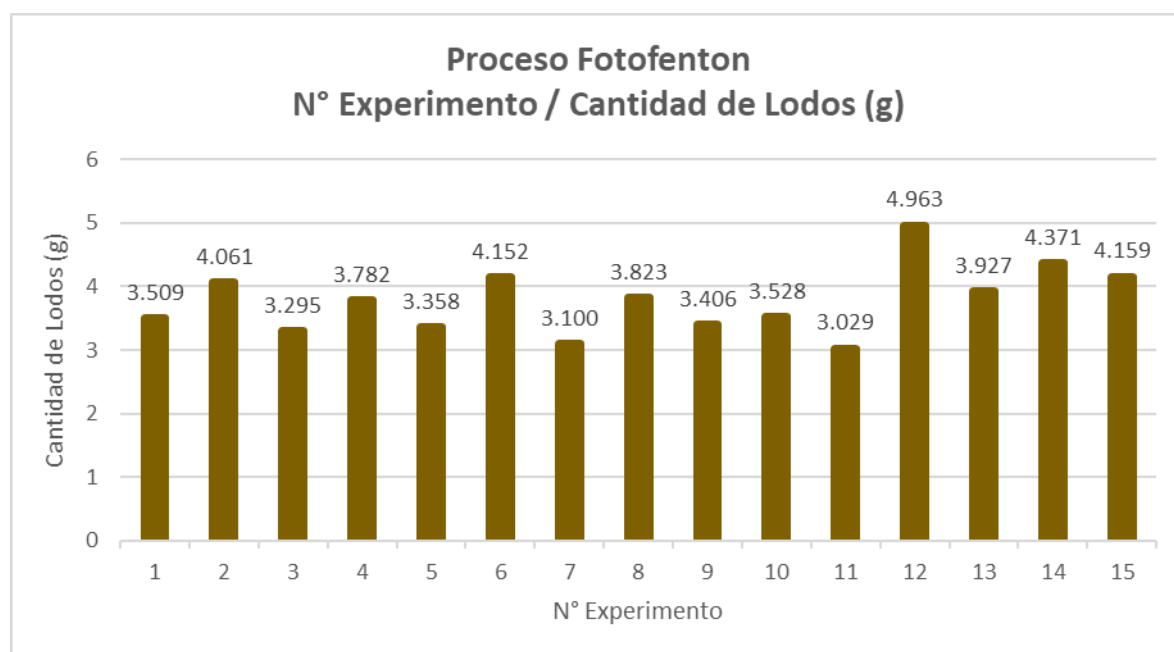
RESULTADOS DE LABORATORIO							
TESIS: “Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la $DBO_5$ del efluente del Camal Municipal Cusco – 2021”							
PROCESO FOTOFENTON							
N° EXPERIMENTO	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (mg/L)	$H_2O_2$ (mg/L)	PH	$DBO_5$ ANTES DEL TRATAMIENTO (mg/L)	$DBO_5$ DESPUES DEL TRATAMIENTO (mg/L)	% REMOCION DE $DBO_5$	Cantidad de lodos generados (g)
1	1200	700	3	3946.84	313.69	92.05	3.509
2	2200	700	3	3946.84	669.84	83.03	4.061
3	1200	1100	3	3946.84	263.56	93.32	3.295
4	2200	1100	3	3946.84	276.41	93.00	3.782
5	1200	900	2.5	3946.84	211.91	94.63	3.358
6	2200	900	2.5	3946.84	466.87	88.17	4.152
7	1200	900	3.5	3946.84	1440.33	63.51	3.100
8	2200	900	3.5	3946.84	243.7	93.83	3.823
9	1700	700	2.5	3946.84	228.47	94.21	3.406
10	1700	1100	2.5	3946.84	218.53	94.46	3.528
11	1700	700	3.5	3946.84	482.1	87.79	3.029
12	1700	1100	3.5	3946.84	298	92.45	4.963
13	1700	900	3	3946.84	271.51	93.12	3.927
14	1700	900	3	3946.84	268.2	93.20	4.371
15	1700	900	3	3946.84	377.47	90.44	4.159



En la figura N°46 se puede visualizar la cantidad de lodos generados después del tratamiento mediante el proceso Fotofenton, cuyo valor más alto le corresponde al experimento N°12 con 4.963 g de lodo, en este caso se alcanzó a un pH = 7 después del tratamiento. De acuerdo con (Barros, Steter, Lanza, & Tavares, 2016) establecieron que, a valores de pH altos, se produce la precipitación de óxidos de hierro, generándose en consecuencia mayor producción de lodos.

### Figura 46

*Cantidad de lodos generados después del proceso Fotofenton*

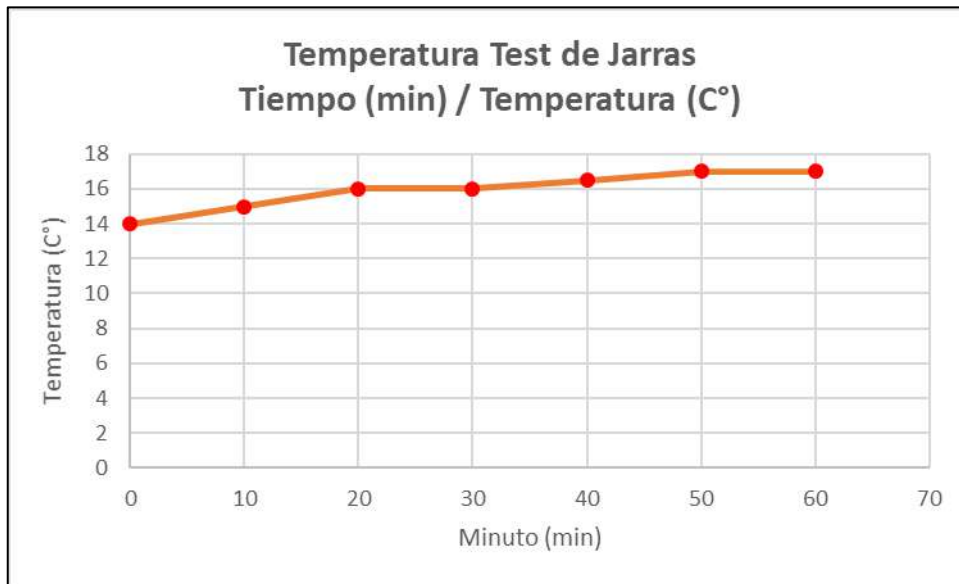


En la figura N°47 se pueden contemplar los resultados obtenidos de la evaluación de la temperatura durante el tiempo de exposición (60 min) de la muestra a la radiación UV-C, que indica que no existe influencia en el tratamiento. De acuerdo a lo que indica (Sánchez, 2015) a temperaturas altas

se favorece la velocidad de la reacción, sin embargo, el proceso Fotofenton solo incrementó en 3°C la temperatura de la muestra.

**Figura 47**

*Evaluación de la temperatura durante el proceso Fotofenton*



- a) Análisis estadístico de la eficiencia de remoción de la DBO empleando el proceso Fotofenton

Se utilizó el software IBM SPSS con el fin de realizar la prueba de hipótesis planteados en relación al proceso Fotofenton, mediante la aplicación de los rangos de Wilcoxon.



En la tabla N°40 podemos visualizar que, se tienen 15 muestras cuya lecturas máxima y mínima del porcentaje de remoción de la DBO corresponde al 63.51% y 94.63 % respectivamente, y cuya desviación estándar es  $\pm 7.94$ .

**Tabla 40**

*Eficiencia de remoción de la DBO del efluente - proceso Fotofenton*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
Remoción	15	63,51	94,63	89,81	7,94

b) Prueba de Normalidad

Según la prueba de normalidad de Shapiro Wilks ( $n < 50$ ) evaluado para el proceso Fotofenton, se encontró que los datos de estudio no presentan distribución de normalidad ( $P < 0.05$ ), por lo que se utilizará la estadística no paramétrica de Rangos de Wilcoxon en la comparación de las mediciones antes y después del proceso.

**Tabla 41**

*Prueba de normalidad - proceso Fotofenton*

	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	P.
Antes - Después	0.599	15	0.000

Donde:

$P. < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

$P. \geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Entonces:

$H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal



$H_1$ = Los datos no provienen de una distribución normal

c) Prueba de hipótesis

Según la tabla N°42 el promedio de  $DBO_5$  antes del proceso era de 3946.84 mg/L después del tratamiento mediante el proceso Fotofenton el promedio es de  $402.04 \pm 276,41$ , al comparar las medidas del proceso de Fotofenton antes y después mediante la prueba no paramétrica de Rangos de Wilcoxon con  $p = 0.001 < 0.05$ , existen diferencias estadísticamente significativas en las medidas de  $DBO_5$  en el proceso Fotofenton.

**Tabla 42**

*Prueba de hipótesis - proceso Fotofenton*

	Media	Mediana	N	Desviación Estándar	Rango de Wilcoxon	
					z	p
Antes	3946.84	3946.84	15.000	0.000	-3.408	0.001
Después	402.04	276.41	15.000	313.34		

Donde:

$P. < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

$P. \geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Entonces, se acepta la hipótesis del investigador.

$H_0$ = No hay diferencias en la remoción de la  $DBO_5$  antes y después del proceso Fenton

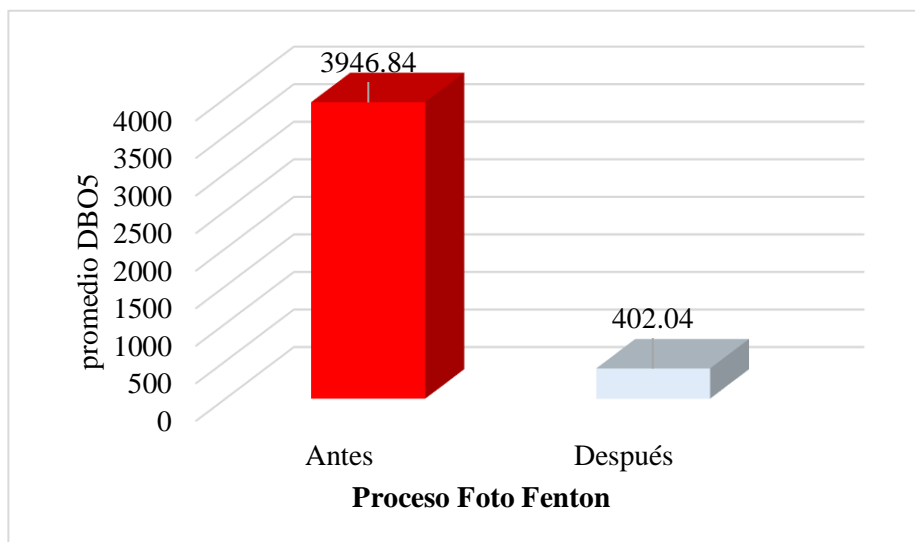
$H_1$ = Hay diferencias en la remoción de la  $DBO_5$  antes y después del proceso Fenton





**Figura 48**

*Comparación del proceso Fotofenton*



- d) Análisis de la varianza para el porcentaje de remoción de la DBO mediante el proceso Fotofenton

**Tabla 43**

*Análisis de Varianza para remoción de DBO<sub>5</sub> - proceso Fotofenton*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Concentración <b>FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O</b>	26.3538	1	26.3538	10.68	0.0823
B: Concentración <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	32.6028	1	32.6028	13.21	0.0681
C: pH	143.567	1	143.567	58.18	<b>0.0168</b>
AA	76.37	1	76.37	30.95	<b>0.0308</b>
AB	18.9225	1	18.9225	7.67	0.1094
AC	338.192	1	338.192	137.05	<b>0.0072</b>
BB	25.8233	1	25.8233	10.46	0.0837
BC	4.86202	1	4.86202	1.97	0.2955
CC	26.3303	1	26.3303	10.67	0.0823
Error puro	4.93547	2	2.46773		
Total(corr)	882.132	14			

R-cuadrada = 79.1441 por ciento  
Error estándar del est. = 1.5709




---

Error absoluto medio = 3.02278  
Estadístico Durbin-Watson = 3.21206 (P=0.9721)

---

En este caso, se identificó 3 efectos significativos que tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

- e) Optimización de los factores intervinientes en el % de remoción de la DBO mediante el proceso Fotofenton

Considerando que se desea maximizar el porcentaje de remoción de la DBO a un valor de 98.86 %, entonces se necesitaría 1417.8 mg/L de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , 1100 mg/L de  $H_2O_2$  y un pH = 2.5 para llegar a dicha optimización.

**Tabla 44**

*Valores óptimos de concentraciones - proceso Fotofenton*

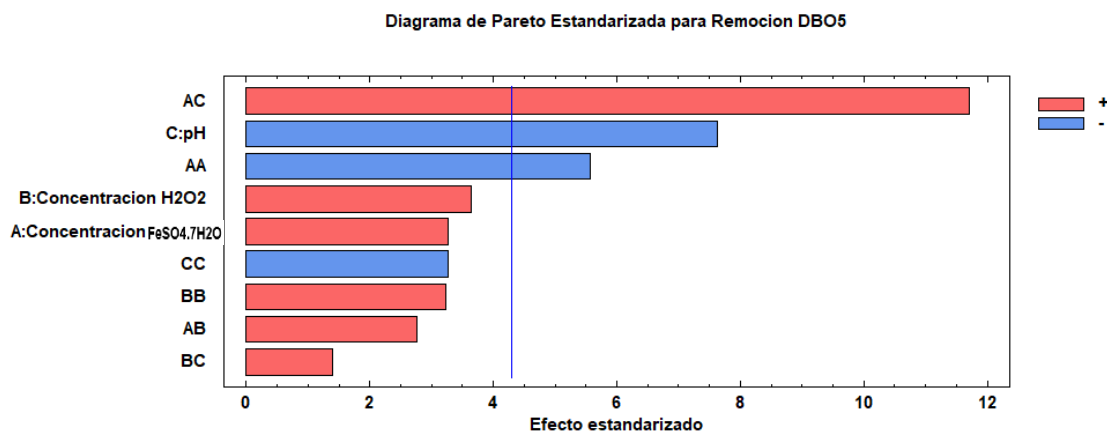
<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Concentración $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1200.0	2200.0	1417.8
Concentración $H_2O_2$	700.0	1100.0	1100
pH	2.5	3.5	2.5
Variable de respuesta	98.8683%		

En la figura N°49, se visualiza los efectos positivos como negativos de los factores de estudio y las diferentes interacciones de las mismas, del cual se infiere que 3 de esos tienen influencia significativa en la remoción de la DBO. Sin embargo, cabe resaltar que la interacción de mayor efecto positivo corresponde a las concentraciones del catalizador y el pH. Según indica

(Sánchez, 2015) la influencia del pH en el proceso Fotofenton radica en la capacidad de modificar la prevalencia de las especies de hierro.

### Figura 49

Diagrama de Pareto - proceso Fotofenton

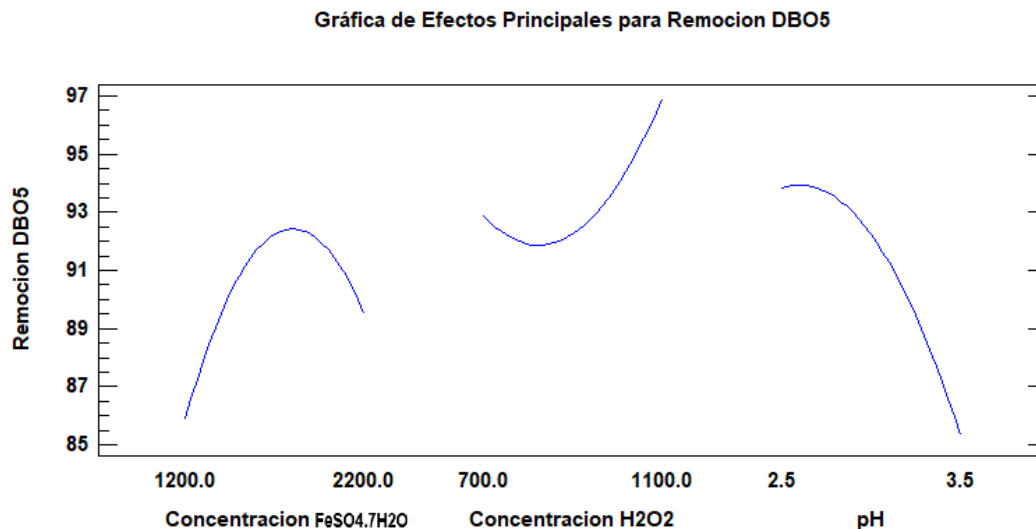


En la siguiente grafica N°50, podemos visualizar los efectos principales de los 3 factores de estudio en el proceso Fotofenton. En el caso del catalizador podemos observar que a medida que incrementa la concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  también incrementa el porcentaje de remoción de la DBO hasta un 92.5%, pero su exceso de esta, inhibe el proceso de degradación fotoquímica. En el caso del incremento de la concentración del  $H_2O_2=1100$  mg/L también incrementa la remoción de la DBO alcanzando un 97%. Por el contrario, según (Terán Solíz, 2016) el pH óptimo se encuentra entre 2-3 y en valores superiores de pH puede precipitarse el hidróxido férrico y descomponerse el peróxido de hidrógeno por ello que, a medida que incrementa el valor de pH disminuye la remoción de la DBO hasta un 85%.



**Figura 50**

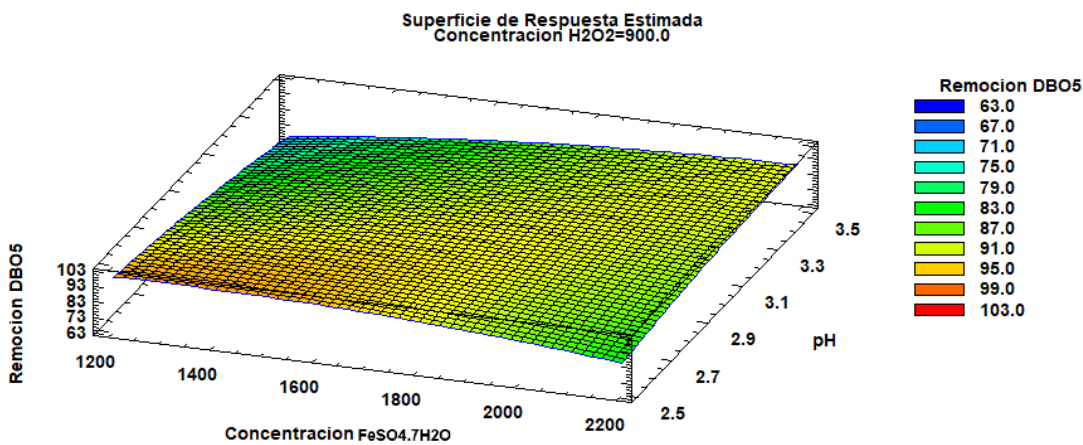
*Efectos principales para remoción de DBO5- proceso Fotofenton*



En la figura N°51, se muestra que el porcentaje más alto de remoción de  $DBO_5$  mediante el proceso Fotofenton corresponde a un 95% , con una concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1400$  mg/L, pH = 2.5 y un valor intermedio de la concentración de  $H_2O_2 = 900$  mg/L.

**Figura 51**

*Superficie de respuesta estimada - proceso Fotofenton*

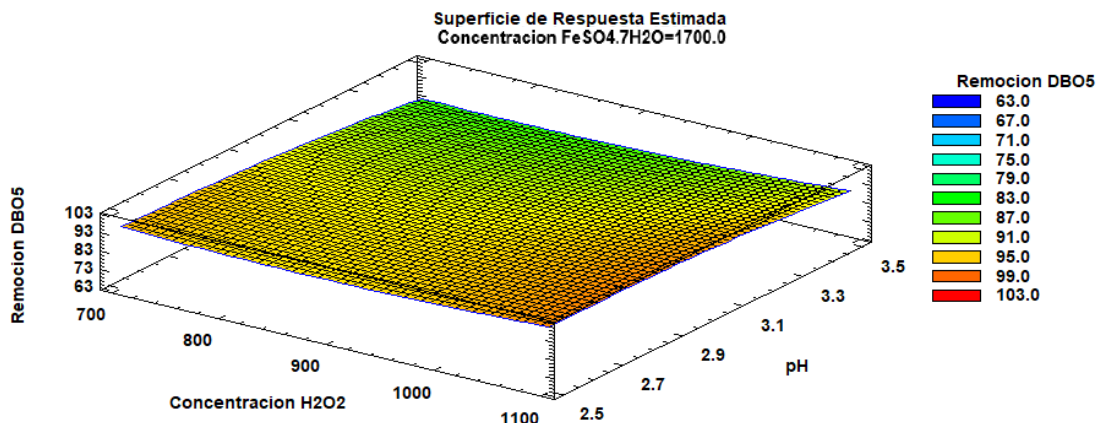




En la figura N°52, se muestra la superficie de respuesta que alcanzó un 99% de remoción de  $DBO_5$  mediante el proceso Fotofenton con los siguientes valores:  $pH = 2.5$ , la concentración de  $H_2O_2 = 1100$  mg/L y un valor intermedio de concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1700$  mg/L .

**Figura 52**

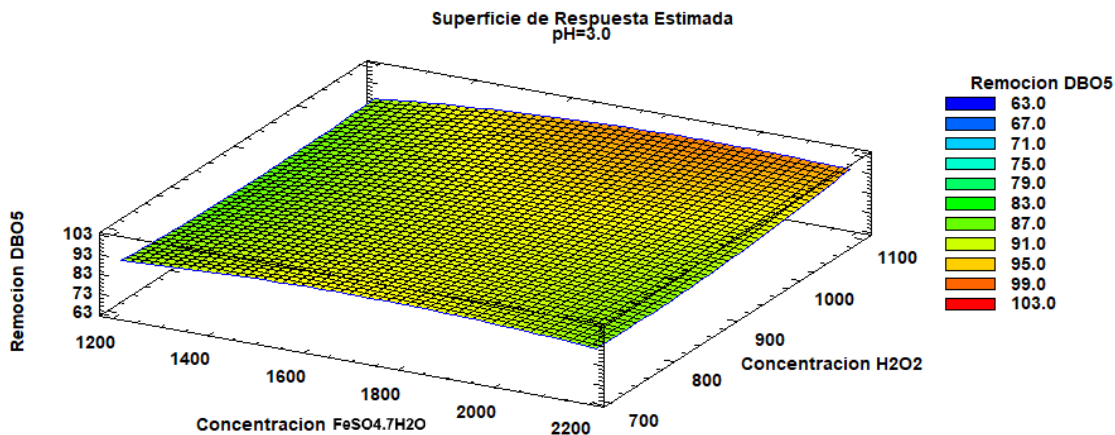
*Superficie de respuesta estimada - proceso Fotofenton*



En la figura N°53, se visualiza la superficie de respuesta para la remoción de  $DBO_5$  del 99% mediante el proceso Fotofenton, y se lograría con una concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 2000$  mg/L, concentración de  $H_2O_2 = 1100$  mg/L y un valor intermedio de  $pH = 3.0$

**Figura 53**

*Superficie de respuesta estimada - proceso Fotofenton*

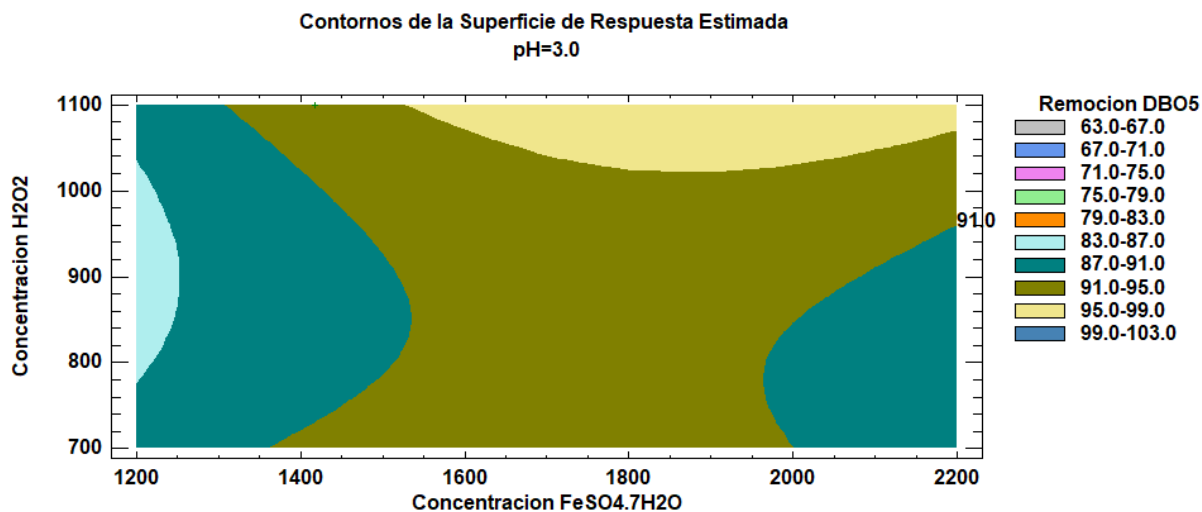




En la figura N°54, según el diagrama de contorno de superficie el área delimitada de color amarillo correspondería a un valor alto de remoción de la  $DBO_5$  del 95 al 99%.

**Figura 55**

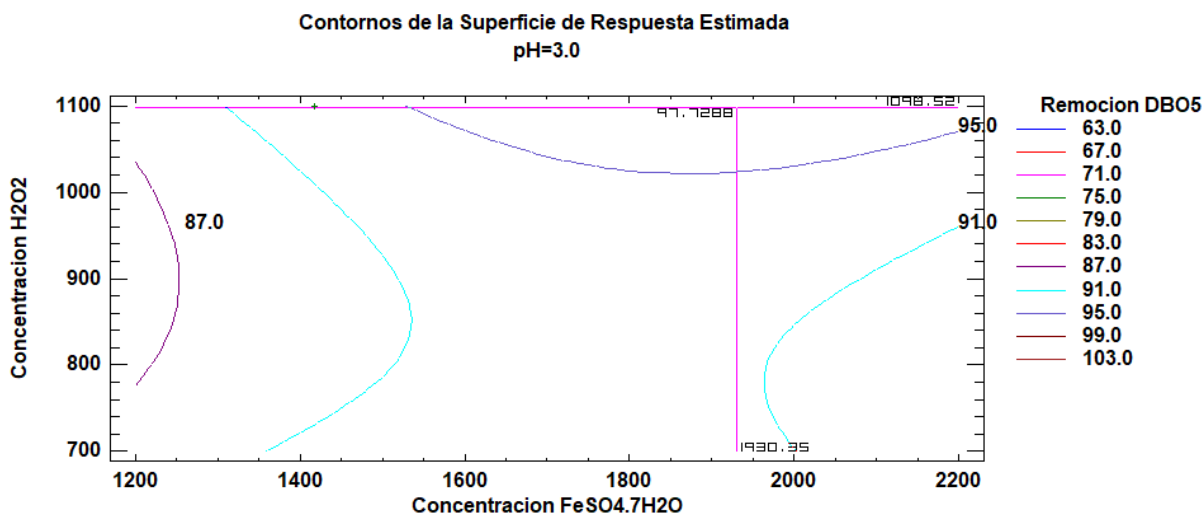
*Diagrama de Contornos de la Superficie de Respuesta-Proceso Fotofenton*



De igual manera, en la figura N°55 el punto máximo de remoción de la  $DBO_5$  corresponde al 97.72 %, con una concentración de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1930.35$  mg/L, concentración de  $H_2O_2 = 1098.521$  mg/L y pH= 3.0.

**Figura 54**

*Diagrama de Contornos de la Superficie de Respuesta-Proceso Fotofenton*





La remoción de la  $DBO_5$  empleando los 3 parámetros del proceso Fotofenton se ajusta a la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} \text{Remoción } DBO_5 = & 257.882 - 0.0644333 \cdot \text{Concentración } FeSO_4 \cdot 7H_2O - 0.178962 \cdot \\ & \text{Concentración } H_2O_2 - 16.831 \cdot \text{pH} - 0.0000181917 \cdot \text{Concentración } (FeSO_4 \cdot \\ & 7H_2O)^2 + 0.00002175 \cdot \text{Concentración } FeSO_4 \cdot 7H_2O \cdot \text{Concentración } H_2O_2 \\ & + 0.03678 \cdot \text{Concentración } FeSO_4 \cdot \\ & 7H_2O \cdot \text{pH} + 0.0000661146 \cdot \text{Concentración } \\ & (H_2O_2)^2 + 0.011025 \cdot \text{Concentración } H_2O_2 \cdot \text{pH} - 10.6817 \cdot (\text{pH})^2 \end{aligned} \quad ( 12 )$$

Según la ecuación N°12, los valores de las variables presentados están especificados en sus unidades originales. La ecuación es válida para  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  en un rango de 1200-2200 mg/L,  $H_2O_2$  entre 700-1100 mg/L y pH entre 2.5-3.5.

#### 4.2. Resultados respecto al objetivo general

**OG-1 Comparar la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal de Cusco, 2021.**

- a) Análisis estadístico de la eficiencia de remoción de la DBO empleando el proceso Fenton y Fotofenton

De acuerdo a la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney para grupos independientes, se considera que la remoción del efluente en el Camal Municipal es el mismo al usar el proceso Fenton y Fotofenton, no encontrando así diferencias estadísticamente significativas  $p = 0.202 > 0.05$ .

Donde:

**$P < 0.05$** , se rechaza la hipótesis nula

**$P \geq 0.05$** , se acepta la hipótesis nula

Entonces:



$H_0$  = La remoción de la  $DBO_5$  es igual en el proceso Fenton y Fotofenton.

$H_1$  = La remoción de la  $DBO_5$  no es igual en el proceso Fenton y Fotofenton

Del mismo modo, en la tabla N°45 se puede observar que, con el proceso Fenton la remoción promedio fue de  $89.86 \pm 5.62$  y en el proceso Fotofenton es de  $89.81 \pm 7.94$ .

**Tabla 45**

Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción del efluente del camal municipal de Cusco, 2022

Remoción	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
Fenton	15	70,12	93,96	89,86	5,62
Fotofenton	15	63,51	94,63	89,81	7,94
U de Mann Whitney = 81.500				P = 0.202	





## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1 Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

#### 5.1.1 *Hallazgo 1*

El hallazgo más importante de la presente investigación corresponde a la determinación de los factores de mayor influencia en la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton, así como, de los rangos óptimos de dichos factores para la remoción de la  $DBO_5$  aplicado exclusivamente a efluentes provenientes de actividades de faenamiento con valores similares de DBO inicial.

#### 5.1.2 *Hallazgo 2*

De acuerdo a la evaluación, seguimiento y todas las visitas de campo realizadas al camal municipal de Cusco y al punto de muestreo, se encontró una alta variabilidad del caudal, así como la variación en su coloración del efluente correspondiente a cada proceso durante el faenamiento efectuado registrado en las bitácoras de observación N° 1, N° 2, N°3 y N° 4.

#### 5.1.3 *Hallazgo 3*

Otro hallazgo relevante identificado durante los ensayos de preexperimentación del proceso Fotofenton fue, el ensayo N° 04 cuyas condiciones establecidas fueron el aislamiento del fotoreactor con papel aluminio a fin de evitar la pérdida por irradiación, así como también, el haber sumergido la lámpara UV dentro del fotoreactor mostrando resultados visualmente significativos.

#### 5.1.4 *Hallazgo 4*

Es importante considerar la eficiencia demostrada por la lámpara UV sumergible, cuya potencia lumínica es de 13 watts para un tiempo de contacto con la luz UV -C de 1 hora, registrando porcentajes de remoción de la DBO de hasta el 94,63 % en efluentes provenientes de actividades de faenamiento.



### **5.1.5 Hallazgo 5**

Es importante resaltar que, las características y tipología de los contaminantes presentes en el efluente influyen en la eficiencia del tratamiento mediante los procesos Fenton y Fotofenton. En la presente investigación se aplicaron estos tratamientos a un efluente biodegradable descomponiéndose más fácilmente la materia orgánica. Por el contrario, en el caso de que las características del efluente serían del tipo recalcitrante, se tendría un mejor resultado mediante el proceso Fotofenton, en el cual su poder oxidativo del tratamiento es mayor.

## **5.2 Limitaciones del estudio**

Durante el periodo de planificación y ejecución de la presente investigación surgieron una serie de dificultades imprevistas que se expondrán a continuación:

### **5.2.1 Limitación 1**

La primera limitación para la ejecución del trabajo en laboratorio, fueron justamente las restricciones establecidas por el gobierno debido a la pandemia, que imposibilitó el ingreso al laboratorio de Química de la Universidad Andina del Cusco, teniendo que optar por el alquiler de un laboratorio externo para la ejecución de las primeras pruebas preexperimentales.

### **5.2.2 Limitación 2**

Debido a la incrementación de los costos de los análisis de laboratorio, no se pudo evaluar más parámetros fisicoquímicos o incluso biológicos a las muestras tratadas mediante el proceso Fenton y Fotofenton.

### **5.2.3 Limitación 3**

Es importante mencionar que, los costos de tratamiento son una limitante para la implementación del proceso Fotofenton, puesto que, en este tratamiento se requiere de la utilización de lámparas UV que consumen energía eléctrica y aumentan en costo la aplicación del



tratamiento. Sin embargo, para la aplicación del proceso Fenton se requiere de ensayos experimentales a escala piloto y el análisis del costo de tratamiento.

### 5.3 Comparación crítica con la literatura existente

- **Comparación de los parámetros de proceso y eficiencia del proceso Fenton**

A su vez, según el estudio de (Montero del Águila, Orrego Zapo, & Uriarte Tirado, 2018) obtuvieron un valor de DBO inicial= 1878 mg/L próximo al valor obtenido en la presente investigación (DBO inicial= 1207.89 mg/L) antes de la aplicación del proceso Fenton, a su vez el IB del efluente del camal de Chota corresponde a un agua residual parcialmente biodegradable, del mismo modo que el efluente del camal de Cusco. En cuanto a la dosificación aplicada, alcanzaron una remoción máxima del 78.81% de la DQO del efluente con las siguientes concentraciones: 1875 mg/L de  $FeSO_4$ ,  $H_2O_2 = 1000$  mg/L y un pH= 3, por otro lado, la presente investigación logró obtener un 93.96% de remoción de DBO mediante las siguientes condiciones: 655.65 mg/L de  $FeSO_4$ ,  $H_2O_2 = 900$  mg/L y un pH= 2.5. Según (Bes, Silva, & Bengoa, 2018), cuando se añade una mayor cantidad de la sal de hierro entonces se incrementa la velocidad de degradación.

Según resultados obtenidos por el investigador (Páramo Vargas, 2015) consiguió el 95 % de degradación de la DQO del efluente de un rastro municipal, con valores iniciales de tratamiento : DBO = 205 mg/L y DQO = 1159 mg/L, por medio de los siguientes valores de experimentación:  $Fe^{2+} = 111.6$  mg/L,  $H_2O_2 = 200$  mg/L y pH = 3. Sin embargo, cabe resaltar la concentración inicial de la DBO (1207.89 mg/L) que se empleó en el presente estudio pues, se logró obtener un 93.96% de remoción con los siguientes parámetros de proceso  $Fe^{2+} = 240.85$  mg/L,  $H_2O_2 = 900$  mg/L y pH = 2.5. En otro estudio realizado por (Menendez, 2018) consiguió una eficiencia de remoción de un 78.93% para una carga orgánica inicial de 50.65 g/L. En tal sentido, se infiere la importancia



de determinar las características de cada efluente, puesto que, influye en los porcentajes de remoción, al igual que los parámetros de proceso en la eficiencia del tratamiento Fenton.

En referencia a la investigación (Pacco Illa & Reyes Rojas, 2020), el efluente empleado antes del tratamiento presentó las siguientes características:  $DBO_5 = 1036$  mg/L, conductividad= 5110  $\mu S/cm$ , SST = 3400 mg/L, turbiedad= 305 NTU y un pH = 7.5 . En el caso del presente trabajo, son similares las características fisicoquímicas encontradas para el efluente del camal de Cusco y también los valores de pH resultantes son próximos al valor neutro a ligeramente alcalinos, según (Pacco Illa & Reyes Rojas, 2020) esto se debe a la sangre presente en el efluente que funciona como un sistema buffer(pH 7.35).

En relación a los parámetros óptimos de tratamiento se consideraron los siguientes: flujo de aire= 200 ml/min, velocidad de agitación = 300 rpm y 90 mg/L de  $H_2O_2$ ; llegando a obtener una reducción del 73% de la DBO inicial, demostrando la eficiencia del tratamiento gracias a la función oxidante del  $H_2O_2$  mientras que, en la presente investigación se empleó una velocidad de agitación de 150 rpm y 900 mg/L de  $H_2O_2$  obteniendo un 93.96 % de remoción de DBO.

- **Comparación de los parámetros de proceso y eficiencia mediante la aplicación del Proceso Fotofenton**

En el presente estudio se alcanzó una eficiencia del 94.63% a partir de la remoción de 3946 mg/ L de DBO, mediante las siguientes condiciones de experimentación: concentración  $Fe^{2+} = 0.24$  g/L, concentración de  $H_2O_2 = 0.9$  g/L, pH= 2.5 y en 1 hora de exposición a la radiación UV(254nm). Según la investigación realizada por (Arroyo Vanegas, 2019) obtuvo el 80% de remoción de la DQO en relación al valor inicial DQO= 4028 mg/L, bajo las siguientes condiciones óptimas:  $H_2O_2 = 12,5$  g/L,  $Fe^{2+} = 0.67$  g/L, en medio ácido pH=3 y en un tiempo de exposición a



la radiación UV de 2.5 horas, afirmando la autora que, la remoción de la DQO del efluente de una industria de alimentos se logra a mayor dosis de peróxido de hidrógeno y tiempo de radiación.

Según (Segovia, 2020) a mayor potencia de la lámpara UV y tiempo de contacto con la luz se obtiene mejores resultados de remoción, puesto que, al emplear la lámpara de 20 watts en un tiempo de contacto de 72 minutos alcanzó un 96.37% de remoción de la DBO.

Es preciso resaltar que, en la presente investigación se utilizó una lámpara de sólo 13 watts de potencia, en un tiempo de contacto mucho menor (60 min) llegando a un resultado similar de remoción, del 94.63% de eficiencia del tratamiento.

A su vez, según (Robles Kquerare & Cevallos Villegas, 2021) alcanzaron una máxima remoción de DQO correspondiente al 99.46 %, bajo las siguientes condiciones :  $H_2O_2 = 15$  ml/L,  $FeSO_4 = 150$  mg/L,  $pH = 2.88$  por un periodo de 2 horas de tratamiento y con la utilización de una lámpara UV 16W.

De acuerdo a los resultados favorables obtenidos en las investigaciones anteriores, podemos indicar que el rango óptimo de pH para el proceso Fotofenton corresponde al rango de 2.5- 3. En el presente estudio, se obtuvo un 94.63% de remoción de DBO del efluente del camal en un  $pH = 2.5$ . Según (Kiwi, Pulgarin, Peringer, & Gratzel, 1993), esto se debe a que en este rango de pH (2.5-3) se incrementa la generación de radicales hidroxilos.

- **Comparación de la eficiencia de la aplicación de los procesos Fenton y Fotofenton en efluentes de otras industrias**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se logró obtener un 93.96% de remoción de DBO, con una concentración de  $Fe^{2+} = 240.85$  mg/L, concentración de  $H_2O_2 = 900$  mg/L y un  $pH = 2.5$ . Según (Segovia, 2020) alcanzó el 92.85% de remoción de DQO de un efluente proveniente de una industria láctea con las siguientes condiciones de



experimentación:  $Fe^{2+} = 331,50 \text{ mg/L}$ ,  $H_2O_2 = 5537 \text{ mg/L}$  y un  $pH = 3.0$ , partiendo de una DQO inicial =  $5900 \text{ mg/L}$ . En la investigación realizada por (García Leiva, 2016) obtuvo el 99% de degradación del xantato de etilo a partir de una concentración inicial de  $100 \text{ mg/L}$  mediante la aplicación del proceso Fenton, en las siguientes condiciones de experimentación:  $pH = 5$ , razón molar  $Fe^{2+}:H_2O_2 = 1:40$  equivalente a  $Fe^{2+} = 16.13 \text{ mg/L}$  y  $H_2O_2 = 392.9 \text{ mg/L}$ , del mismo modo, aplicando el proceso Fotofenton en las mismas condiciones de experimentación e irradiancia =  $30 \text{ mW/cm}^2$  se obtuvo la misma eficiencia de degradación del xantato (99%) en corto tiempo de eliminación (5 min), por lo cual el investigador afirma que la irradiancia no tuvo influencia en el proceso.

Los procesos Fenton y Fotofenton han sido aplicados a diferentes tipos de contaminantes con un resultado favorable de eficiencia; así es el caso, del tratamiento de los lixiviados. Según (Yaranga Montañéz, 2021) en su caracterización del lixiviado obtuvo valores altos de  $DBO = 9058 \text{ mg/L}$  y  $DQO = 55818 \text{ mg/L}$ . Los resultados que obtuvo fueron los siguientes: 53.66 % de remoción de DQO empleando  $400 \text{ mg/L}$  de  $H_2O_2$ ,  $200 \text{ mg/L}$  de  $FeSO_4$  y un  $pH = 4$ ; del mismo modo, se emplearon las mismas condiciones de experimentación para el proceso Fotofenton y se alcanzó el 90.68% de remoción de DQO, cabe destacar que, se empleó una lámpara de 16 W.

En la presente investigación también se alcanzaron porcentajes de remoción de DBO similares, destacándose los experimentos N°5 del tratamiento Fenton y Fotofenton, se aplicaron las mismas concentraciones:  $900 \text{ mg/L}$  de  $H_2O_2$ ,  $655.65 \text{ mg/L}$  de  $FeSO_4$  y un  $pH = 2.5$ , adicional a ello en el proceso Fotofenton se acondicionó una lámpara de sólo 13 W.



## 5.4 Implicancias del estudio

### 5.4.1 *Implicancia 1*

Durante las actividades realizadas en campo para la obtención de la muestra compuesta, se requiere estar capacitado en el manejo de los equipos de campo como: el multiparámetro (HANNA HI9829) y el GPS (GARMIN MONTANA 750i), así mismo, el equipo de trabajo debe tener conocimiento de la metodología, y procedimientos para la adecuada toma de muestra.

### 5.4.2 *Implicancia 2*

En el trabajo de laboratorio se requirió de precisión y técnicas adecuadas para la manipulación de los reactivos, los materiales de vidrio y el conocimiento necesario para el uso de los equipos como el test de jarras y el agitador magnético. A su vez, debido a la importancia del parámetro del pH por su influencia en la prevalencia de las especies de hierro y, en consecuencia, en la eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton, es necesario tener las habilidades necesarias para ajustar el pH de las muestras a los valores de la matriz de experimentación asegurando de tal manera la oxidación de la materia orgánica y la formación de precipitados de hidróxido de hierro.



### C. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los procesos Fenton y Fotofenton presentan una eficiencia significativa en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del camal municipal de Cusco. Con respecto al proceso Fenton, se logró la remoción del 93.96% de la DBO a partir de un valor inicial correspondiente a 1207.89 mg/L. El proceso Fotofenton alcanzó una remoción del 94.63% de la DBO a partir de un valor inicial de 3946.84 mg/L.
- El efluente del camal Municipal de Cusco presentó valores altos en sus características fisicoquímicas antes de aplicar el proceso Fenton los cuales son: pH 7.32-7.77, temperatura 16.20-18.88 °C, OD = 0 mg/L, % OD = 0, conductividad eléctrica 1224-1810  $\mu S/cm$ , TDS 613- 1000 ppm y turbiedad 515-594.5 NTU. En el caso de las características fisicoquímicas de la muestra empleada para el proceso Fotofenton presentó los siguientes valores: pH 7.06-7.73, temperatura 17.9-19.61, OD = 0 mg/L, % OD = 0, conductividad eléctrica 1207-2073.5  $\mu S/cm$ , TDS 604- 1033.5 ppm y turbiedad 168.5-979 NTU.
- El efluente del camal presentó los siguientes valores correspondientes al índice de biodegradabilidad: 0.48 y 0.76, dicho valor representa el rango de parcialmente biodegradable a biodegradable.
- El proceso Fenton presentó un 93.96% de remoción de la DBO del efluente del camal, lo que indica su eficiencia en la degradación de la materia orgánica característico de las aguas residuales provenientes de un camal, siendo el experimento N°05 el de mayor eficiencia en relación a la disminución de la DBO, con los siguientes parámetros de proceso:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1200$  mg/L,  $H_2O_2 = 900$  mg/L a un pH = 2.5.
- El proceso Fotofenton de igual modo, resultó ser eficiente en la remoción de la DBO del efluente del camal, dado que, se obtuvo un porcentaje máximo del 94.63% de remoción





correspondiente al experimento N°05 cuyos parámetros de proceso fueron los siguientes:

$FeSO_4 \cdot 7H_2O = 1200 \text{ mg/L}$ ,  $H_2O_2 = 900 \text{ mg/L}$ ,  $pH = 2.5$  y expuesto a una radiación UV-C  
(254nm).



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis bacteriológico antes como después de la aplicación de los procesos Fenton y Fotofenton, con el fin de evaluar el grado de remoción de patógenos existentes en el efluente del camal municipal de Cusco.
- Se recomienda para el desarrollo de posteriores investigaciones evaluar el efecto de la velocidad de agitación de los reactores y fotoreactores, en el incremento de la temperatura del proceso de tratamiento.
- Se recomienda evaluar la cinética de descomposición de la DBO mediante la aplicación de los procesos Fenton y Fotofenton.



#### D. REFERENCIAS

- A., M., Quina, F., Gozzi, F., V., S., Friedrich, L., & Moraes, J. (2012). *FUNDAMENTAL MECHANISTIC STUDIES OF THE PHOTO-FENTON REACTION FOR THE DEGRADATION OF ORGANIC POLLUTANTS*. *Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention - Environmental and Analytical Update*. 272-292.
- Alfredo, M. (2018). *REDUCCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LACTOSUERO MEDIANTE EL PROCESO FENTON*. Puno: Universidad Nacional del
- Alva, F., & Romero, B. (2018). *INFLUENCIA DE LOS MÉTODOS FENTON Y FOTOFENTON EN LA VARIACION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO Y DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DE CAJAMARCA* . Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Angarita, A. (2020). *DEGRADACION DE RESIDUOS LIQUIDOS OBTENIDOS EN ENSAYOS DE DUREZA DEL AGUA MEDIANTE EL PROCESO FOTO-FENTON*. Carabobo: Universidad de Carabobo.
- Anotaia, J., Ming Chun, L., & Chewpreechaa, P. (2006). *CINÉTICA DE LA DEGRADACIÓN DE LA ANILINA POR FENTON Y PROCESOS ELECTROFENTON* . *EL SEVIER*, 7.
- Ardila, A. (2012). *REMOCIÓN FOTOCATALÍTICA DE DQO, DBO Y COT DE EFLUENTES DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA*. *Revista Politécnica*, 9-17.
- Arroyo Vanegas, K. A. (2019). *REMOCIÓN DE DQO EN UN EFLUENTE DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS MEDIANTE UN PROCESO FOTOFENTON* . Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.



- Arteaga, O. (2020). *REMOCIÓN DE LA TURBIEDAD DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL EMPLEANDO PROCESO OXIDATIVO AVANZADO FENTON EN EL DISTRITO DE CUTERVO- CAJAMARCA*. Jaén : Universidad Nacional de Jaén .
- Barliza, V., & Torres, D. (2018). *EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA: FENTON, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Y FOTO-FENTON PARA LA DEGRADACIÓN DE CLORPIRIFÓS EN AGUAS RESIDUALES A NIVEL LABORATORIO EN LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA*. Bogotá: Fundación Universidad de América.
- Becerra Gutierrez, L. K., Horna Acevedo, M. V., & Barrionuevo Albuja, K. I. (2014). NIVEL DE CONTAMINACIÓN EN LOS EFLUENTES PROVENIENTES DE CAMALES DE LA REGIÓN LA LIBERTAD. *Rev.cuerp médico.HNAAA*, 4.
- Becerra, M., & Cadena, S. (2016). *EVALUACIÓN DE LA APLICACION DEL METODO FENTON A NIVEL LABORATORIO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA AGUAS SAN JUAN S.A.S ESP*. Bogotá : Fundación Universidad de América.
- Behrouzeh, M., Parivazh, M. M., Danesh, E., Dianat, m. j., Abbasi, M., Osfour, S., . . . Akrami, M. (2022). APLICACIÓN DE LOS PROCESOS PHOTO-FENTON, ELECTRO-FENTON Y PHOTO-ELECTRO-FENTON PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DMSO Y DMAC. *Revista árabe de química*, 21.
- Bes, S., Silva, A., & Bengoa, C. (2018). *MANUAL TÉCNICO SOBRE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA APLICADOS AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES*. España: CYTED.
- Blanco, J. (2009). *DEGRADACIÓN DE UN EFLUENTE TEXTIL REAL MEDIANTE PROCESOS FENTON Y FOTOFENTON*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.



Briceño, K., & Castillo, X. (2009). *DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO PARA EL CAMAL MUNICIPAL DE ZAPOTILLO*. Loja : Universidad Nacional de Loja.

Cuesta, H. (2019). *PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACION APLICADOS AL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA: FENTON Y FOTOFENTON*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD.

DIGESA. (s.f.). PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS . *GESTA AGUA*, 145.

EPA. (1999). *DESINFECCIÓN CON LUZ ULTRAVIOLETA*. Washington , D.C.

Farias, J. (2009). *REACCIÓN DE FOTO FENTON SOLAR*. INTEC.

García Carpintero, E., Cárdbaba Arranz, M., & Sánchez Gómez, L. (2020). *REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EFICACIA Y SEGURIDAD DE LA LUZ ULTRAVIOLETA Y OZONO PARA LA DESINFECCIÓN DE SUPERFICIES*. España: Ministerio de Sanidad.

García Leiva, B. (2016). *DEGRADACIÓN DE XANTATO EN EFLUENTES POR OXIDACIÓN CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO, PROCESO FENTON Y FOTOFENTON* . Río de Janeiro.

García, J. C. (2014). *PROCESO FENTON Y FOTO FENTON PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO EMPLEANDO  $Fe_2O_3$  SOPORTADO EN NANOTUBOS DE CARBONO*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Gonzales, M., Orozco, C., Pérez, A., Alfayate, J., & Rodriguez, F. (2002). *CONTAMINACION AMBIENTAL: UNA VISIÓN DESDE LA QUÍMICA*. Madrid: Paraninfo.

Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.



Hernandez Sanpieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN, Sexta Edición*. Mexico D.F.: McGrawHill.

Hernandez, T., & Sanchez, C. (2014). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.

J, P., E, O., & A, M. (2006). *ADVANCED OXIDATION PROCESSES FOR ORGANIC CONTAMINANT DESTRUCTION BASED ON THE FENTON REACTION AND RELATED CHEMISTRY*. Environmental Science and Technology.

Kiwi, J., Pulgarin, C., Peringer, P., & Gratzel, M. (1993). BENFICIAL EFFECTS OF HOMOGENEOUS PHOTO-FENTON PRETREATMENT UPON THE BIODEGRADATION OF 81 ANTHRAQUINONE SULFONATE IN WASTE WATER TREATMENT. *Applzed Catalyau B enwronmental*.

Lozano, W. (2012). *FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES*. Bogotá.

Medina, C. (2019). *DEGRADACIÓN DE METOMILO MEDIANTE EL PROCESO DE OXIDACION FOTOFENTON EN AGUAS SIMULADAS Y AGUAS REALES PRESENTES EN DRENES DEL RIO MAJES SECTOR DE URACA-CORIRE*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Menendez, A. (2018). *REDUCCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LACTOSUERO MEDIANTE EL PROCESO FENTON*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.



- Monge, S., Silva, A., & Bengoa, C. (2014). *MANUAL TÉCNICO SOBRE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA APLICADOS AL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES*. Cytel.
- Montero del Águila, E. M., Orrego Zapo, S. T., & Uriarte Tirado, W. (2018). *APLICACIÓN DEL PROCESO FENTON PARA DEGRADAR AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL DE CHOTA*. Chota: Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- Neyens, E., & Baeyens, J. (2003). *A REVIEW OF CLASSIC FENTON'S PEROXIDATION AS AN ADVANCED OXIDATION TECHNIQUE*. Journal of Hazardous Materials.
- Nieto, R., & Huaman, J. (2019). "*OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS OPERACIONALES DEL PROCESO DE OXIDACION AVANZADA EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES PROVENIENTE DE UN MATADERO DE PORCINOS*". Lima: Universidad Nacional del Callao .
- Nolasco, C. (2018). "*INFLUENCIA DEL VERTIDO DEL EFLUENTE LÍQUIDO DEL CAMAL MUNICIPAL DE NUEVA CAJAMARCA EN EL ECOSISTEMA ACUATICO DEL CANAL GALINDONA*". Nueva Cajamarca: Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Núñez, A., & Bustamante, V. (2012). "*EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA*". Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín.
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*.
- Pacco Illa, Y., & Reyes Rojas, L. P. (2020). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN AVANZADA DE AGUA CONTAMINADA CON SANGRE EN UN REACTOR BATCH DE BURBUJEO*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.



- Parag, R. C., & Aniruddha, B. P. (2004). *A REVIEW OF IMPERATIVE TECHNOLOGIES FOR WASTEWATER TREATMENT I: OXIDATION TECHNOLOGIES AT AMBIENT CONDITIONS*. Advances in Environmental Research.
- Páramo Vargas, J. (2015). *TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE UN RASTRO MUNICIPAL MEDIANTE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA TIPO FENTON*. Mexico: CIATEC.
- Pey, J. (2008). *APLICACIÓN DE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA (FOTOCATÁLISIS SOLAR) PARA TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES TEXTILES*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). *CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO INDUSTRIAL*. Lima: Universidad Mayor de San Marcos.
- Ramalho, R. (2003). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Barcelona: Reverté S.A.
- Ramos, K. (2018). *EVALUACIÓN DE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADOS: FOTOFENTON CON LUZ SOLAR PARA LA DEGRADACIÓN DE SUSTANCIAS Y DESECHOS LÍQUIDOS TÓXICOS*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- Ranade, S. S., & Thiagarajan, P. (2017). *SELECTION OF A DESIGN FOR RESPONSE SURFACE*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Robles Kquerare, W., & Cevallos Villegas, R. A. (2021). *SISTEMA FOTOFENTON Y ADSORCIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LABORATORIO DE QUÍMICA ORGÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNAC*. Lima: Universidad Nacional del Callao.





Sánchez, C. (2015). FICHAS TÉCNICAS DE ETAPAS DE PROCESO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL: REACCIONES FENTON . *INDITEX*, 3-25.

Segovia, E. (2020). *EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE FOTO-FENTON CON LUZ ARTIFICIAL A DIFERENTES POTENCIAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA*. RIOBAMBA: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .

SOLVAY. (2019). Peróxido de Hidrógeno. 2-3.

Sreeja, P. H., & Sosamony, K. (2016). UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PROCESOS HOMOGENEOS Y HETEROGENEOS FOTO-FENTON PARA LA INDUSTRIA TEXTIL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *Procedia Tecnologia*, 217-223.

Terán Solíz, M. C. (2016). *ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA A AGUAS CONTAMINADAS*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Velázquez, K. (2013). *DEGRADACIÓN FOTOFENTON DE 4-CLOROFENOL UTILIZANDO ARCILLAS PILAREADAS CON HIERRO*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

Yaranga Montañéz, J. S. (2021). *EFICIENCIA DE LA OXIDACIÓN FENTON Y FOTO FENTON EN LA REMOCIÓN DE DQO EN LIXIVIADOS DEL BOTADERO “EL PORVENIR”, DISTRITO DE EL TAMBO, HUANCAYO, JUNÍN*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.



E. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<b>BITÁCORA DE OBSERVACIÓN N°1</b>		
<b>TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la <math>DBO_5</math> del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"</b>		
<b>Realizado por:</b> Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza	<b>Lugar:</b> Instalaciones del camal municipal	
	<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b> <b>Hora final:</b>
<b>Descripción de la observación</b>		
<b>Descripción de la observación</b>	<b>Percepciones y anotaciones personales</b>	

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



REGISTRO DE DATOS N°1



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar: Zona de vertimiento del efluente del camal municipal

Fecha:

Hora inicio:  
Hora final:

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ Ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Coordenadas		Altura
					UTM_X	UTM_Y	msnm

MEDICIÓN DE CAUDAL (MÉTODO VOLUMÉTRICO)

N° MEDICIÓN	HORA	TIEMPO (S)	VOLUMEN (L)	CAUDAL (L/S)	OBSERVACIONES
1			50		
2			50		
3			50		
4			50		
5			50		
6			50		
7			50		

- **NOTA:** Se realizará la toma de una muestra compuesta de volumen proporcional.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



REGISTRO DE DATOS EN CAMPO N°2



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Fecha:

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura msnm	Hora	pH	T	OD	COND	TDS	Turbiedad	% OD
						UTM_X	UTM_Y				°C	mg/L	$\mu S/cm$	ppm	FNU	

- Se utilizará el multiparámetro HANNA HI9829 como instrumento de medición de los parámetros de campo.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°1



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora inicio:

Hora final:

MUESTRA COMPUESTA

Fórmula para el cálculo del caudal instantáneo:

Fórmula para el cálculo del volumen de cada alícuota:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Flujo volumétrico o caudal (L/s)

V = Volumen(L)

t = Tiempo(s)

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V: Volumen total a componer

$Q_i$ : Caudal instantáneo medido en el momento de la toma de muestra

$Q_p$ : Caudal promedio durante el muestreo

n: Número de muestras tomadas

N° MEDICION	TIEMPO(s)	VOLUMEN(L)	$Q_i$ (L/s)	V. ALÍCUOTA (ml)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Caudal promedio

NOTA: Se realizará la toma de una muestra compuesta.

Volumen total a componer

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



TESIS: "Eficiencia del proceso Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

PROCESO FENTON

N° EXPERIMENTO	pH muestra	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (mg/L)	$H_2O_2$ (mg/L)	pH proceso	Hora de inicio del tratamiento	Hora de término del tratamiento	pH final	OBSERVACIONES
01								
02								
03								
04								
05								
06								
07								
08								
09								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°2



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora:

PROCESO FENTON

Cálculo del porcentaje de remoción de la  $DBO_5$ :

$$\text{Remoción } DBO_5(\%) = \frac{(\text{Concentracion Inicial } DBO_5 - \text{Concentracion Final } DBO_5)}{\text{Concentracion Inicial } DBO_5} \times 100$$

N° DE EXPERIMENTO	$DBO_5$ ANTES DEL TRATAMIENTO (mg /L)	$DBO_5$ DESPUÉS DEL TRATAMIENTO (mg / L)	% REMOCIÓN DE $DBO_5$
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



**REGISTRO DE DATOS N°4**

**TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"**

<b>Realizado por:</b> Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza	<b>Lugar:</b> Zona de vertimiento del efluente del camal municipal	
	<b>Fecha:</b>	<b>Hora inicio:</b> <b>Hora final:</b>

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ Ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Coordenadas		Altura
					UTM_X	UTM_Y	msnm

**MEDICIÓN DE CAUDAL (MÉTODO VOLUMÉTRICO)**  
**PROCESO FOTOFENTON**

N° MEDICIÓN	HORA	TIEMPO (S)	VOLUMEN (L)	CAUDAL (L/S)	OBSERVACIONES
1			50		
2			50		
3			50		
4			50		
5			50		
6			50		
7			50		

- **NOTA:** Se realizará la toma de una muestra compuesta de volumen proporcional.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018





**REGISTRO DE DATOS EN CAMPO N°5  
PROCESO FOTOFENTON**



**TESIS: “Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021”**

**Realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Fecha:**

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura msnm	Hora	pH	T °C	OD mg/L	COND µS/cm	TDS ppm	Turbiedad FNU	%OD
						UTM_X	UTM_Y									

- Se utilizará el multiparámetro HANNA HI9829 como instrumento de medición de los parámetros de campo.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°3



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora inicio:

Hora final:

MUESTRA COMPUESTA -PROCESO FOTOFENTON

Fórmula para el cálculo del caudal instantáneo:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Flujo volumétrico o caudal (L/s)

V = Volumen(L)

t = Tiempo(s)

Fórmula para el cálculo del volumen de cada alícuota:

$$Vi = \frac{V \times Qi}{n \times Qp}$$

Donde:

Vi: Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V: Volumen total a componer

Qi: Caudal instantáneo medido en el momento de la toma de muestra

Qp: Caudal promedio durante el muestreo

n: Número de muestras tomadas

N° MEDICION	TIEMPO(s)	VOLUMEN(L)	Qi(L/s)	V. ALÍCUOTA (ml)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Caudal promedio

**NOTA:** Se realizará la toma de una muestra compuesta.

Volumen total a componer

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



TESIS: "Eficiencia del proceso Fenton y Fotofenton en la remoción de la DBO5 del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

PROCESO FOTOFENTON

Nº EXPERIMENTO	pH muestra	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O (mg/L)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/L)	pH proceso	Radiación No Ionizante UV C	Hora de inicio del tratamiento	Hora de término del tratamiento	pH final	OBSERVACIONES
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°4



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora:

PROCESO FOTOFENTON

Cálculo del porcentaje de remoción de la  $DBO_5$ :

$$\text{Remoción } DBO_5(\%) = \frac{(\text{Concentracion Inicial } DBO_5 - \text{Concentracion Final } DBO_5)}{\text{Concentracion Inicial } DBO_5} \times 100$$

N° DE EXPERIMENTO	$DBO_5$ ANTES DEL TRATAMIENTO (mg / L)	$DBO_5$ DESPUÉS DEL TRATAMIENTO (mg /L)	% REMOCIÓN DE $DBO_5$
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°05  
ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD (IB) DE LAS AGUAS  
RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE CUSCO



TESIS: "Eficiencia del proceso Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora inicio:

Hora final:

Cálculo del índice de biodegradabilidad:

$$(IB) = \frac{DBO}{DQO}$$

Donde:

**DBO:** Demanda biológica de oxígeno

**DQO:** Demanda química de oxígeno

ANTES DEL TRATAMIENTO- PROCESO FENTON

DBO (mg/L)	DQO (mg /L)	Índice de biodegradabilidad	OBSERVACIONES

ANTES DEL TRATAMIENTO- PROCESO FOTOFENTON

DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Índice de biodegradabilidad	OBSERVACIONES

- Las muestras de DBO y DQO que se enviarán analizar provienen de la muestra compuesta

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018

F. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



BITÁCORA DE OBSERVACIÓN N°01



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar: Zona de vertimiento del efluente del camal municipal

Coordenadas 8499813  
188892

Zona: 19 L




Fecha: 08/04/2022

Hora inicio: 10:00 am  
Hora final: 12:10 pm




Descripción de la observación

Hora	Descripción de la observación	Registro fotográfico	Percepciones y anotaciones personales
10:11 am	Se observó un caudal bajo con una coloración rojo oscuro (código 8B0000), puesto que, se realizaba la limpieza tanto del ganado como del ambiente después del degüello.		<p><b>Percepciones y anotaciones personales</b></p> <p>El punto de vertimiento se encuentra ubicado en las afueras de las instalaciones del camal.</p> <p>La zona de vertimiento del efluente se encuentra localizado en la ribera del río Huatanay, es accesible, y presenta vegetación característica de la zona.</p> <p>Sin embargo, para poder realizar la toma de muestras e ingresar al punto de vertido se necesitará de los siguientes EPPs: botas, guantes, mandil, barbijo y lentes.</p>
10:13 am	Se redujo ligeramente el caudal a causa de la limpieza que realizan del ambiente después de haber realizado el degüello de los animales, con una coloración carmesí (código DC143C)		






<p><b>10:17 am</b></p>	<p>El caudal del efluente se mantuvo constante, sin embargo, la coloración del efluente varió a una coloración ladrillo refractario (Código B22222), esto por el sangrado del animal durante el degüello y desuello del ganado.</p>			
<p><b>10:20 am</b></p>	<p>El caudal del efluente disminuyó aún más, debido a la disminución del sangrado durante el proceso de desuello de los animales; sin embargo, la coloración se mantuvo. (Código B22222)</p>			
<p><b>10:32 am</b></p>	<p>El caudal del efluente se mantuvo constante y así también en su coloración (Código B22222), sin embargo, existe la presencia de sangre esto por el desuello del ganado.</p>			






<p><b>11:00 am</b></p>	<p>El caudal del camal se mantuvo reducido y se mantuvo la coloración, esto por el sangrado del animal durante el degüello y la limpieza de su sangre impregnada en la superficie.</p>				
<p><b>11:06 am</b></p>	<p>El caudal siguió manteniéndose reducido, sin embargo, se mantiene el olor como la coloración (Código B22222) de la sangre de los animales debido a la limpieza de las vísceras rojas.</p>				
<p><b>11:12 am</b></p>	<p>El caudal disminuyó aún más, con una coloración (Código B22222) lo que indica la limpieza de las vísceras rojas y de la carcasa de los animales faenados.</p>				








<p><b>11:23 am</b></p>	<p>El efluente presentó un aumento en su caudal, con una coloración carmesí (Código DC143C) , esto a causa, del sangrado del animal durante el degüello.</p>		
<p><b>11:24 am</b></p>	<p>El efluente llegó a disminuir aún más, sin embargo, la coloración se mantuvo. (Código DC143C)</p>		
<p><b>11:33 am</b></p>	<p>Nuevamente el caudal incrementó, con una coloración (Código DC143C) que indica la limpieza del ganado en los carriles de transporte en los que se encuentran luego del degüello.</p>		





<p><b>11:40 am</b></p>	<p>El caudal del efluente es alto y asimismo, la coloración varió a una tonalidad marrón (Código de color A52A2A) puesto que, se realizó la evisceración y limpieza de las vísceras rojas de los animales.</p>				
<p><b>11:44 am</b></p>	<p>El caudal disminuyó, así como varió la coloración del efluente a un tono tomate (Código de color FF6347), puesto, se realizaba el lavado de las vísceras y limpieza de las carcasas.</p>				
<p><b>11:53 am</b></p>	<p>El caudal disminuyó nuevamente, su coloración continuó en tono tomate (Código de color FF6347), sin embargo, se percibió el olor de materia fecal correspondiente a la evisceración y lavado de menudencias de los ganados faenados.</p>				



<p><b>11:57 am</b></p>	<p>El caudal nuevamente incrementó significativamente, la coloración varió (E9967A), esto a razón, de la limpieza de las vísceras blancas y rojas del ganado.</p>				
<p><b>11:59 am</b></p>	<p>El caudal del efluente visualmente disminuyó y la coloración varió a un tono (B22222) producto de la limpieza de la carcasa y restos de sangre en el ambiente.</p>				
<p><b>12:02 pm</b></p>	<p>El caudal del efluente visualmente se mantuvo constante con una coloración (B22222) mientras continua la evisceración y la limpieza de las mismas, con presencia de bazofia en el efluente.</p>				



<p><b>12:05 pm</b></p>	<p>El caudal visualmente disminuyó bastante y la coloración (B22222) demuestra el efluente restante producto de la limpieza de las menudencias y del lavado completo de las carcasas de los animales.</p>		
<p><b>12:10 pm</b></p>	<p>El caudal visualmente disminuyó bastante y la coloración (B22222) también se mantiene, debido a que el efluente descargado es producto del último lavado de las carcasas y superficie.</p>		
<p>Las actividades de faenado que se realizan en las instalaciones del camal generan un efluente de alta carga orgánica (sangre, materia fecal, grasas) que son vertidos directamente al río Huatanay a través de una tubería de desagüe.</p> <p>El efluente del camal presenta un flujo constante a lo largo del desarrollo de sus actividades. Sin embargo, presenta crecidas de caudal y también la disminución del mismo por ciertos periodos de tiempo.</p> <p>La coloración del efluente va de un rojo intenso, anaranjado y hasta un tono marrón por la presencia de materia fecal en sus efluentes.</p>			
<p><b>Zona de vertimiento del efluente</b></p> <p>Durante el vertido del efluente, se observa la salida de pequeños residuos (vísceras, intestinos) que sirven de alimento para los perros y aves del lugar.</p>			



Color	Nombre del color	Código hexadecimal #RRGGBB
	granate	# 800000
	rojo oscuro	# 8B0000
	marrón	# A52A2A
	ladrillo refractario	# B22222
	carmesí	# DC143C
	rojo	# FF0000
	tomate	# FF6347
	coral	# FF7F50
	rojo indio	# CD5C5C
	coral claro	# F08080
	salmón oscuro	# E9967A
	salmón	# FA8072
	salmón claro	# FFA07A
	rojo naranja	# FF4500
	naranja oscuro	# FF8C00
	naranja	# FFA500
	oro	# FFD700
	varilla dorada oscura	# B8860B
	varilla dorada	# DAA520
	barra dorada pálida	# EEE8AA
	caqui oscuro	# BDB76B

- La determinación de los colores del efluente del camal se realizó considerando esta paleta y codificación de colores.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018





BITACORA DE OBSERVACIÓN N°02






TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"




<b>Realizado por:</b> Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza	<b>Lugar:</b> Zona de vertimiento del efluente del camal municipal	
	<b>Coordenadas</b> 8499813 188892	<b>Zona:</b> 19 L
	<b>Fecha:</b> 09/04/2022	<b>Hora inicio:</b> 08:00 am <b>Hora final:</b> 01:50 pm

Hora	Descripción de la observación	Registro fotográfico
08:00- 08:18 am	El efluente del camal presenta un flujo variado desde el inicio de la observación, con una coloración marrón (A52A2A), puesto que, se inició con el degüello de los animales.	
08:32 am	El color del efluente del camal corresponde a un tono marrón (A52A2A), de flujo constante por tratarse del degüello de los animales.	






<p><b>08:43 am</b></p>	<p>Se redujo ligeramente el flujo del efluente, sin embargo, la coloración se encuentra en un tono carmesí (DC143C), esto debido, al sangrado del animal en los carriles de transporte aéreo y la limpieza de la superficie.</p>	
<p><b>08:50 am</b></p>	<p>El color del efluente cambio a una coloración marrón(A52A2A), dado que, se realizaba la evisceración y lavado de las menudencias de los animales faenados.</p>	
<p><b>08:51- 09:02 am</b></p>	<p>El flujo del efluente disminuyó considerablemente y se mantuvo así por un lapso de 11 minutos con un tono tomate (FF6347), así como la descarga fue producto del ultimo enjuague que realizaron de las vísceras rojas.</p>	






<p><b>09:03 am</b></p>	<p>Empezó aumentar ligeramente el caudal cuya coloración fue tono tomate (FF6347), con evidencia de bazofia en el efluente producto de la limpieza de las vísceras e incluso fueron vertidas restos de ellas.</p>	
<p><b>09:13am</b></p>	<p>El flujo del efluente se mantuvo constante así como su coloración de tono tomate (FF6347), esto a causa, de la limpieza de las vísceras e incluso fueron vertidas restos de ellas que sirven de alimento para los perros.</p>	
<p><b>09:17 am</b></p>	<p>El caudal incremento ligeramente, además se oscureció el efluente debido al proceso de evisceración y limpieza de las vísceras blancas.</p>	





<p><b>09:22 am</b></p>	<p>El caudal empezó a disminuir, la coloración en un tono rojo oscuro(8B0000) por el hecho de realizar la limpieza de la carcasa y lavado de vísceras del ganado.</p>	
<p><b>09:33 am</b> – <b>09:47 am</b></p>	<p>Durante este lapso de tiempo el caudal disminuyó bastante, su coloración se tornó ladrillo refractario(B22222) mientras se realizaba la limpieza de la carcasa y la limpieza del piso.</p>	
<p><b>09:48 am</b></p>	<p>El caudal incremento bastante con presencia de materia fecal y bazofia, esto porque, se realizó la limpieza de las vísceras blancas y también su variación en un color (B8860B)</p>	



<p><b>09:50 am</b></p>	<p>El caudal se mantuvo constante, sin embargo, la coloración cambio a un tono rojo oscuro(8B0000) debido al proceso de evisceración.</p>	
<p><b>09:52 am</b> – <b>10:04 am</b></p>	<p>El caudal cambio a un tono tomate (FF6347) empezó a disminuir paulatinamente durante la limpieza de las vísceras, y el lavado de las carcasas del ganado faenado.</p>	
<p><b>10:05 am</b></p>	<p>Nuevamente incremento el caudal del efluente, por el lavado de las vísceras blancas que demostraba tanto el olor a materia fecal como en su coloración (B8860B)</p>	




<p><b>10:05 am</b></p>	<p>En el mismo minuto la coloración cambió a un tono marrón(A52A2A), debido a la limpieza de las vísceras rojas de los animales faenados.</p>	
<p><b>10:06 am</b></p>	<p>El caudal se mantuvo constante, sin embargo, la coloración cambio a un tono rojo oscuro(8B0000) por que nuevamente se inició con el degüello de los ganados.</p>	
<p><b>10:09 am- 10:18am</b></p>	<p>El caudal disminuyó significativamente, se mantuvo así por un periodo de 10 minutos con tono rojo oscuro(8B0000) debido al sangrado de los ganados después de haber sido degollados.</p>	






<p><b>10:19 am</b></p>	<p>Incrementó intempestivamente el caudal, cuya coloración fue marrón (A52A2A) y se mantuvo constante por unos 10 minutos mientras se efectuaba la evisceración.</p>	 <p>A photograph showing a stream with brown, turbid water. A dog is visible on the bank to the right. The timestamp in the bottom right corner reads '2022/4/9 10:19'.</p>
<p><b>10:27 am</b></p>	<p>Empezó a reducirse el caudal y a mantenerse constante por un lapso de 22 minutos, su coloración también varió a un tono (B22222), esto debido, a la limpieza de las carcasas y evisceración.</p>	 <p>A photograph showing a stream with reddish-brown water. A dog is visible on the bank to the right. The timestamp in the bottom right corner reads '2022/4/9 10:27'.</p>
<p><b>10:49 am</b></p>	<p>El flujo del efluente disminuyó aún más por unos 5 minutos, a causa del enjuagado de los restos de sangre existentes en la sala de sacrificio.</p>	 <p>A photograph showing a stream with reddish-brown water. A dog is visible on the bank to the right. The timestamp in the bottom right corner reads '2022/4/9 10:49'.</p>



<p><b>10:54- 11:00 am</b></p>	<p>Nuevamente volvió a incrementar el caudal, con una coloración marrón (A52A2A) debido al degüello de los animales, junto con el lavado en el desuello.</p>	
<p><b>11:00 - 11:16 am</b></p>	<p>Volvió a disminuir el caudal, la coloración cambió a la vez (B22222) en consecuencia al proceso de degüello y desuello del ganado.</p>	
<p><b>11:17 - 11:26 am</b></p>	<p>El flujo del caudal disminuyó aún más al transcurrir 09 minutos y varió la coloración del efluente (FF6347) esto debido al desollado y enjuague del piso de la sala de sacrificio.</p>	



<p><b>11:26- 11:30 am</b></p>	<p>Nuevamente empezó aumentar el caudal, la coloración se tornó marrón (A52A2A) durante el lavado de las menudencias de los ganados</p>	
<p><b>11:31- 11:43 am</b></p>	<p>Se observó una ligera disminución del caudal, así como también su coloración (FF7F50), lo cual corresponde a la limpieza de las vísceras blancas que contienen bazofia.</p>	
<p><b>12:30 pm</b></p>	<p>No hubo ninguna variación en el flujo del efluente debido a la finalización del faenamiento a las 11 :43 horas.</p>	

Zona de vertimiento del efluente



Las actividades de faenamiento en el camal iniciaron a las 8:00 am y culminaron a la 11:43 am, el efluente generado presentó un caudal muy variable, además de la coloración de las aguas residuales que va desde: rojo claro, anaranjado, marrón oscuro, marrón amarillento y guinda, con presencia de materia fecal en sus aguas.

Color	Nombre del color	Código hexadecimal #RRGGBB
	granate	# 800000
	rojo oscuro	# 8B0000
	marrón	# A52A2A
	ladrillo refractario	# B22222
	carmesí	# DC143C
	rojo	# FF0000
	tomate	# FF6347
	coral	# FF7F50
	rojo indio	# CD5C5C
	coral claro	# F08080
	salmón oscuro	# E9967A
	salmón	# FA8072
	salmón claro	# FFA07A
	rojo naranja	# FF4500
	naranja oscuro	# FF8C00
	naranja	# FFA500
	oro	# FFD700
	vanilla dorada oscura	# B8860B
	vanilla dorada	# DAA520
	barra dorada pálida	# EEE8AA
	caqui oscuro	# BDB76B

- La determinación de los colores del efluente del camal se realizó considerando esta paleta y codificación de colores.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012





ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018






BITACORA DE OBSERVACIÓN N° 03



			
<b>TESIS: “Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la <math>DBO_5</math> del efluente del Camal Municipal Cusco-2021”</b>			
<b>Realizado por:</b> Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza		<b>Lugar:</b> Zona de vertimiento del efluente del camal municipal	
		<b>Coordenadas</b> 8499813 188892	<b>Zona:</b> 19 L
		<b>Fecha:</b> 11/05/2022	<b>Hora inicio:</b> 08:00 am <b>Hora final:</b> 01:00 pm
Hora	Descripción de la observación	Registro fotográfico	
<b>08:00-08:51 am</b>	Al llegar a la zona de descarga del efluente, durante el periodo en el que realizan sus actividades de faenamiento (8-1 pm) verificado en la anterior visita de observación; encontré que a dicha hora no había aún efluente alguno.		
<b>08:52 - 09:12 am</b>	Empezó las actividades de faenamiento en el camal, iniciando con un caudal bajo pero constante y una coloración (DC143C), por consiguiente, la sangre del efluente proviene del degüello de los ganados.		








<p><b>09:13 am- 09:41am</b></p>	<p>Incrementó ligeramente el caudal del efluente que se mantuvo constante por un periodo de 28 minutos, e incluso se evidencia gran cantidad de sangre en el efluente por ello la coloración (FF0000), lo que indica que se está realizando el degüello y desollado del ganado.</p>	
<p><b>9:42 am- 09:46 am</b></p>	<p>El flujo se mantuvo constante; sin embargo, la coloración varió (B22222) de modo que, el efluente descargado proviene de la evisceración.</p>	
<p><b>09:47 am</b></p>	<p>El flujo del caudal disminuyó aún más, el color del efluente corresponde a un tono (FF6347), por consiguiente, corresponde al lavado de las carcasas y limpieza de vísceras rojas.</p>	






<p><b>09:48 am</b></p>	<p>Hubo un incremento en el caudal del efluente, debido al lavado de las vísceras rojas, razón por la cual, la coloración del efluente es más rojiza (DC143C)</p>	
<p><b>09:51 am -10:04 am</b></p>	<p>Empezó a disminuir el caudal manteniéndose constante, no obstante, dicho efluente proviene de la evisceración y lavado de vísceras rojas.</p>	
<p><b>10:05 am</b></p>	<p>Nuevamente el caudal aumentó, puesto que, se empezó con la limpieza de las vísceras de los ganados y además, se observó en el efluente restos de menudencias. La coloración del efluente corresponde a un tono marrón (A52A2A)</p>	






<p><b>10:10 am</b></p>	<p>Empezó a disminuir el caudal del efluente, así como la variación en el color de sus aguas (FF6347), esto a causa, del lavado de las vísceras rojas extraídas de las carcasas.</p>	
<p><b>10:13 am</b></p>	<p>Nuevamente se incrementó ligeramente el caudal con una coloración oscura (FF7F50) de sus aguas por la presencia de materia fecal y bazofia presente dentro de las vísceras blancas.</p>	
<p><b>10:14 am</b></p>	<p>El caudal del efluente se mantuvo constante, sin embargo, solo varió el color de las aguas residuales debido a la sangre de las vísceras rojas.</p>	






<p><b>10:22 am</b></p>	<p>Nuevamente se incrementó el caudal y se evidenció la presencia de materia fecal por el olor y también, la coloración marrón (FF7F50) de sus aguas por el lavado de las vísceras blancas.</p>	
<p><b>10:23 - 10:32 am</b></p>	<p>Empezó a disminuir constantemente el caudal, pero su coloración cambió a un tono carmesí (DC143C) debido a la limpieza de las carcasas, así como, los restos de sangre del piso de la sala de sacrificio.</p>	
<p><b>10:33 am- 10:37 am</b></p>	<p>Aumentó el caudal y su coloración fue rojiza (DC143C) debido al degüello del ganado.</p>	






<p><b>10:38 am</b></p>	<p>Nuevamente se incrementó ligeramente el caudal con una coloración oscura (FF7F50) de sus aguas por la evisceración de los ganados sacrificados.</p>	
<p><b>10:39 am</b></p>	<p>Disminuyó el caudal y la coloración del efluente (A52A2A) debido a la limpieza de las carcasas.</p>	
<p><b>10:41 am- 10:48 am</b></p>	<p>Durante dicho lapso de tiempo, se inició nuevamente con el degüello de los animales, por lo cual, en sus aguas residuales se observa el olor y color a sangre (FF0000).</p>	



<p><b>10:50 - 10:53 am</b></p>	<p>Una vez más, volvió a incrementar el caudal del efluente producto de la evisceración y sus aguas residuales presenta una coloración marrón (FF7F50)</p>	
<p><b>10:53 am- 11:05 am</b></p>	<p>El incremento del caudal de las aguas residuales(B22222) nuevamente se debe por el sangrado de los animales en el proceso de degüello.</p>	
<p><b>11:06 am- 11:11 am</b></p>	<p>Empezó a disminuir el caudal sin embargo con el transcurrir de los 3 minutos nuevamente incrementará el caudal, esto porque, se realizó la evisceración y el lavado de las menudencias.</p>	



<p><b>11:12 am- 11:17 am</b></p>	<p>La disminución del caudal durante este lapso de tiempo fue mayor debido al lavado de las vísceras blancas, las cuales presentaban materia fecal como bazofia del ganado sacrificado.</p>	
<p><b>11:18 am</b></p>	<p>No obstante, 1 minuto después se continuó con el lavado de las vísceras de los ganados sacrificados retirando materia fecal y bazofia.</p>	
<p><b>11:20 am -11:22 am</b></p>	<p>De inmediato volvió a disminuir paulatinamente el caudal del efluente, debido a ser los últimos lavados de las vísceras rojas, y de las carcasas antes de finalizar el faenado.</p>	



11:23 am-  
1:07 pm

Finalmente, el efluente del camal empezó a disminuir con el tiempo cada vez más debido al agua de lavado restante de las vísceras y lavado de las carcasas, con una coloración clara (FA8072), no se presentó ninguna descarga del efluente hasta las 12:45 pm y se detuvo completamente a la 1:07 pm. FA8072



**Zona de vertimiento del efluente**

Las actividades de faenamiento en el camal iniciaron a las 8:52 am y culminaron a la 01:00 pm, el efluente generado presentó un caudal muy variable, además de la coloración de las aguas residuales que va desde: rojo claro, anaranjado, marrón oscuro, marrón amarillento y guinda, con presencia de materia fecal en sus aguas.

Color	Nombre del color	Código hexadecimal #RRGGBB
	granate	# 800000
	rojo oscuro	# 8B0000
	marrón	# A52A2A
	ladrillo refractario	# B22222
	carmesí	# DC143C
	rojo	# FF0000
	tomate	# FF6347
	coral	# FF7F50
	rojo indio	# CD5C5C
	coral claro	# F08080
	salmón oscuro	# E9967A
	salmón	# FA8072
	salmón claro	# FFA07A
	rojo naranja	# FF4500
	naranja oscuro	# FF8C00
	naranja	# FFA500
	oro	# FFD700
	varilla dorada oscura	# B8860B
	varilla dorada	# DAA520
	barra dorada pálida	# EEE8AA
	caqui oscuro	# BDB76B

- La determinación de los colores del efluente del camal se realizó considerando esta paleta y codificación de colores.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018





**BITÁCORA DE OBSERVACIÓN N°04**



**TESIS: “Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021”**

**Realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Lugar:** Instalaciones del camal municipal

**Fecha:** 04/08/2022

**Hora inicio:** 08:55 am

**Hora final:** 10 :00 am

**Descripción de la observación**

**Descripción de la observación**

El proceso de sacrificio y faenamiento que se realiza en las instalaciones del camal municipal de Cusco consta de las siguientes actividades:

Primeramente, inicia con la recepción de animales en los corrales ocasionando la generación de estiércol y orina, posteriormente se les realiza una inspección *ante-mortem* para verificar el estado clínico del ganado vacuno, y así proseguir con el ingreso del animal a la planta de beneficio.

Una vez que, ingresan los animales se realiza el lavado para retirar la materia fecal, lodo y demás restos presentes en su cuero, generando aguas residuales.

Continuando con el proceso, se realiza el aturdimiento del animal mediante un golpe, para continuar con su matanza y desangrado, en el cual se genera gran cantidad de aguas residuales (sangre, orina, bazofia)

**Percepciones y anotaciones personales**

El sistema de saneamiento que posee el camal municipal de Cusco, se encuentra operativo. Asimismo, cabe resaltar la existencia de sedimentadores a los cuales ingresan las aguas residuales que se producen en la planta, pero debido a su inoperatividad, deficiencia y sobresaturación de lodos, no se logra la decantación de los sólidos suspendidos presentes, más al contrario, se evidenció la generación de lodo que no es retirado ni se realiza el mantenimiento adecuado.

Por lo tanto, no existe un tratamiento eficiente de sus aguas residuales, puesto que, son vertidas directamente mediante una tubería de desagüe al río Huatanay, y junto a estos efluentes se eliminan pequeños residuos de vísceras.



Seguidamente, se alza el ganado en un carril de ganchos para proseguir con el desuello donde se generan residuos sólidos (patas, cuero, cuernos, cabezas, cola) y aguas residuales producto de la limpieza (sangre, aceites y grasas, materia orgánica)

Continuando con el proceso sigue la evisceración donde se extraen todas las vísceras del animal y son transportados al área de lavado, generando en consecuencia aguas residuales de alta carga orgánica (rumen, pelos, grasas).

Una vez se tengan las carcasas y vísceras comestibles se realiza la *inspección post-mortem*, lo cual definirá si estos productos son aptos para su comercialización y entregados a los dueños.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

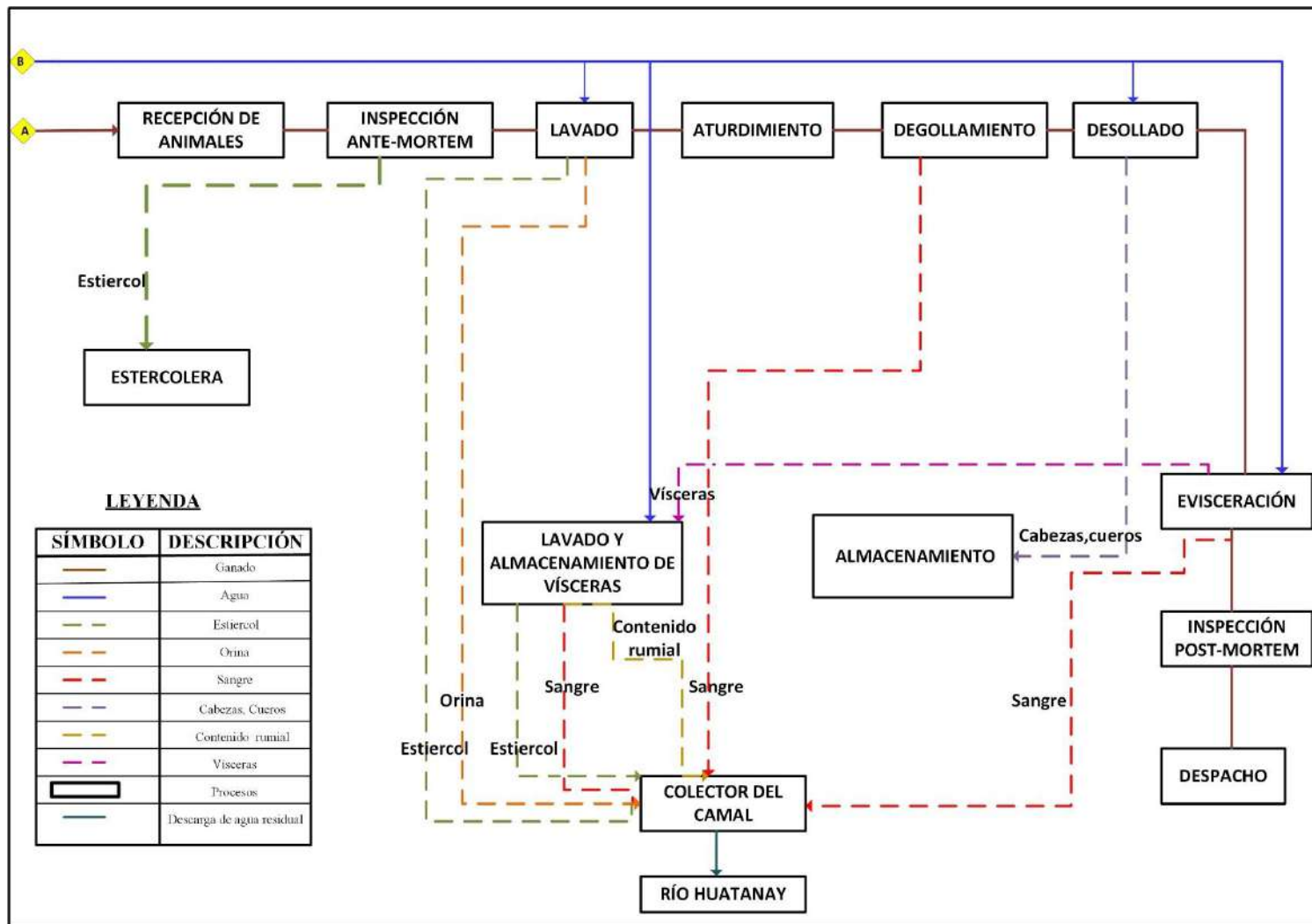
ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



G. ANEXOS

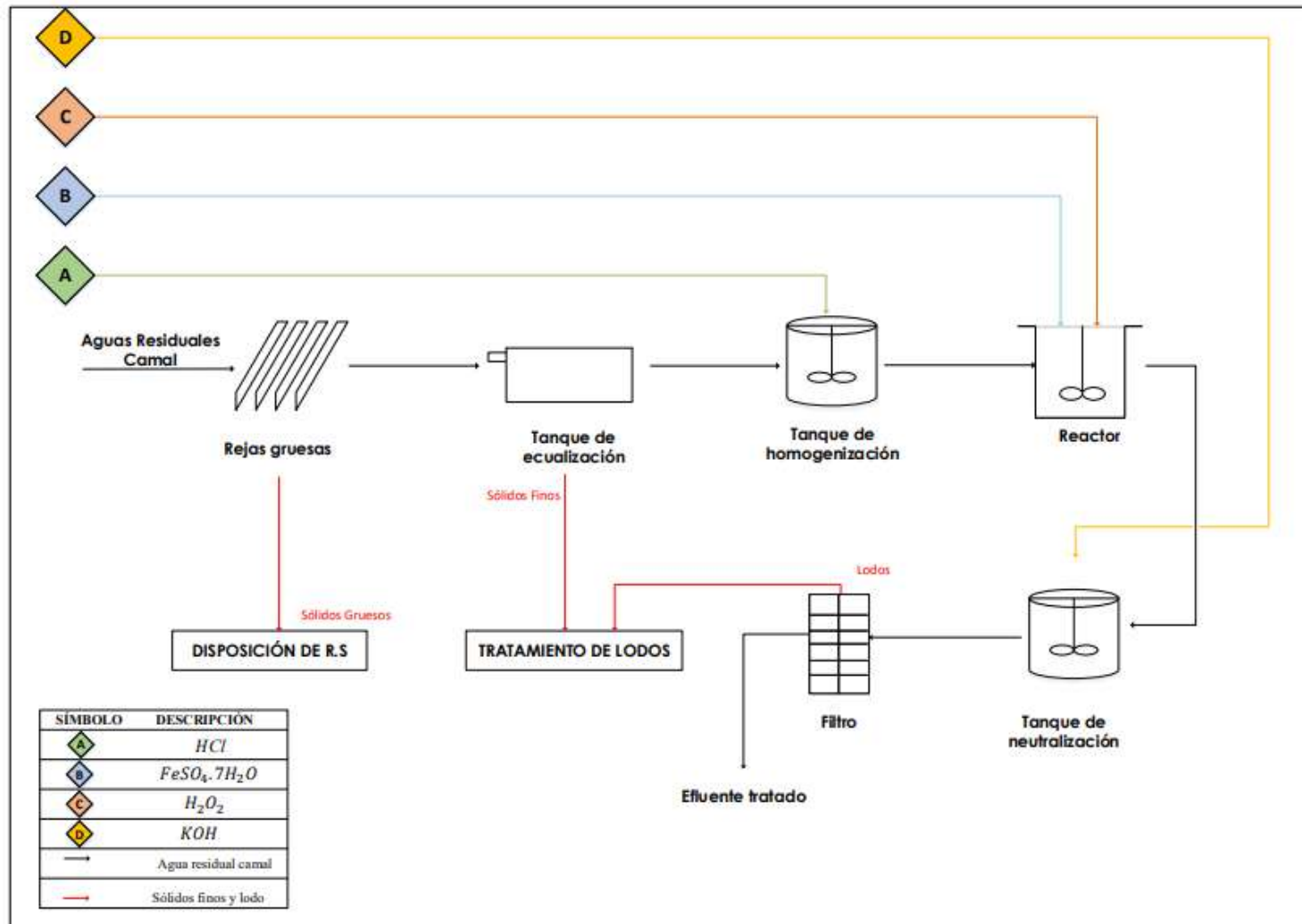
ANEXO N°01 DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE FAENAMIENTO DEL CAMAL MUNICIPAL DE CUSCO



Fuente: Elaboración Propia



ANEXO N°02 DIAGRAMA DE FLUJO PROPUESTA DE TREN DE TRATAMIENTO PARA EL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL  
DE CUSCO



Fuente: Elaboración propia



Punto de monitoreo		Descripción Origen/ Ubicación		Localidad	Distrito	Provincia	Coordenadas		Altura
							UTM_X	UTM_Y	msnm
PM-01		Camal Municipal		Cusco	San Jerónimo	Cusco	8499813	188892	3187ms.nm

**MEDICIÓN DE CAUDAL (MÉTODO VOLUMÉTRICO)**

Nº MEDICIÓN	HORA	TIEMPO (S)	VOLUMEN (L)	CAUDAL (L/S)	OBSERVACIONES
1	10:15 am	14.27 seg	50	3.5 L/s	Efluente con gran presencia de sangre (degollado)
2	10:45 am	7.16 seg	50	7.0 L/s	Gran presencia de sangre (lavado y limpieza después del degollado)
3	11:15 am	7.24 seg	50	6.9 L/s	La coloración varió a un tono no oscuro por el lavado de las vísceras.
4	11:45 am	8.51 seg.	50	5.9 L/s	coloración oscura del efluente, presencia de restos de vísceras y material fecal
5	12:15 pm	5.78 seg.	50	8.7 L/s	Efluente producto del lavado de las vísceras y restos de sangre
6	12:45 pm	10.09 seg	50	5.0 L/s	coloración amarillenta producto de la limpieza de las vísceras blancas
7	01:15 pm	32.06 seg.	50	1.6 L/s	Presencia de materia fecal producto de la limpieza de menudencias.

• **NOTA:** Se realizará la toma de una muestra compuesta de volumen proporcional.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI  
CIP: 184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE  
CIP: 81018



REGISTRO DE DATOS DE CAMPO N°02

TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la DBO<sub>5</sub> del efluente del Camal Municipal Cusco-2022"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Fecha: 21/09/2022

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura	Hora	pH	T	OD	COND	TDS	Turbiedad	% OD
						UTM_X	UTM_Y	msnm			°C	mg/L	µS/cm	ppm	FNU	
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	10:17 am	7.32	16.20	0	1538	Mayor a 1000	557	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	10:46 am	7.77	16.97	0	1335	668	543	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	11:16 am	7.54	18.77	0	1810	903	529	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	11:46 am	7.38	18.62	0	1740	871	585	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	12:16 pm	7.65	18.88	0	1224	613	575	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	12:46 pm	7.37	18.37	0	1782	890	587.5	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	01:16 pm	7.52	17.32	0	1253	627	594.5	0

- Se utilizará el multiparámetro HANNA HI9829 como instrumento de medición de los parámetros de campo.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI  
CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE  
CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°1



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora inicio:

Hora final:

MUESTRA COMPUESTA -PROCESO FENTON

Fórmula para el cálculo del caudal instantáneo:

Fórmula para el cálculo del volumen de cada alícuota:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Flujo volumétrico o caudal (L/s)

V = Volumen(L)

t = Tiempo(s)

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V: Volumen total a componer

$Q_i$ : Caudal instantáneo medido en el momento de la toma de muestra

$Q_p$ : Caudal promedio durante el muestreo

n: Número de muestras tomadas

N° MEDICION	TIEMPO(s)	VOLUMEN(L)	$Q_i$ (L/s)	V. ALÍCUOTA (ml)
1	14.3	50	3.5	1823
2	7.2	50	7.0	3634
3	7.2	50	6.9	3524
4	8.5	50	5.9	3057
5	5.8	50	8.7	4501
6	10.1	50	5.0	2579
7	32.1	50	1.6	812
				20000

Caudal promedio 5.49

**NOTA:** Se realizará la toma de una muestra compuesta.

Volumen total a componer 20

ING.CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING.VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP:81018



Registro de datos en laboratorio N°3



TESIS: "Eficiencia del proceso Fenton y Fotofenton en la remoción de la DBO5 del efluente del Camal Municipal Cusco-2022"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar: Laboratorio de Química - UAN

Fecha: 28/09/22

PROCESO FENTON

N° EXPERIMENTO	pH muestra	FeSO <sub>4</sub> (mg/L)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/L)	pH proceso	Hora de inicio del tratamiento	Hora de término del tratamiento	pH final	OBSERVACIONES
01	7.8	1200	700	3	04:57 PM	05:57 PM	7.0	
02	7.8	2200	700	3	04:57 PM	05:57 PM	7.0	
03	7.8	1200	1100	3	04:57 PM	05:57 PM	7.0	
04	7.8	2200	1100	3	04:57 PM	05:57 PM	7.0	
05	7.8	1200	900	2.5	06:24 PM	11:34 PM	7.0	Repetición por falla en el gusto pH
06	7.8	2200	900	2.5	06:24 PM	11:34 PM	7.0	Repetición por falla en el gusto pH
07	7.8	1200	900	3.5	10:34 PM	11:34 PM	7.0	
08	7.8	2200	900	3.5	10:34 PM	11:34 PM	7.0	
09	7.8	1700	700	2.5	06:24 PM	07:24 PM	7.0	
10	7.8	1700	1100	2.5	06:24 PM	07:24 PM	7.0	
11	7.8	1700	700	3.5	10:34 PM	11:34 PM	7.0	
12	7.8	1700	1100	3.5	10:34 PM	11:34 PM	7.0	
13	7.8	1700	900	3	04:57 PM	05:57 PM	7.0	
14	7.8	1700	900	3	04:57 PM	05:57 PM	7.0	
15	7.8	1700	900	3	06:24 PM	07:24 PM	7.0	

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ

CIP: 81018





HOJA DE CÁLCULO N°2



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora:

PROCESO FENTON

Cálculo del porcentaje de remoción de la  $DBO_5$ :

$$\text{Remoción } DBO_5(\%) = \frac{(\text{Concentracion Inicial } DBO_5 - \text{Concentracion Final } DBO_5)}{\text{Concentracion Inicial } DBO_5} \times 100$$

N° DE EXPERIMENTO	$DBO_5$ ANTES DEL TRATAMIENTO (mg /L)	$DBO_5$ DESPUÉS DEL TRATAMIENTO (mg L)	% REMOCIÓN DE $DBO_5$
01	1207.89	116.09	90.39
02	1207.89	360.91	70.12
03	1207.89	103.17	91.46
04	1207.89	94.23	92.20
05	1207.89	72.91	93.96
06	1207.89	100.59	91.67
07	1207.89	113.31	90.62
08	1207.89	80.13	93.37
09	1207.89	121.78	89.92
10	1207.89	139.13	88.48
11	1207.89	99.73	91.74
12	1207.89	102.05	91.55
13	1207.89	110.26	90.87
14	1207.89	115.43	90.44
15	1207.89	108.27	91.04

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



REGISTRO DE DATOS N°4

TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2022"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar: Zona de vertimiento del efluente del camal municipal

Fecha: 08/11/22

Hora inicio: 09:00 am

Hora final: 12:00 pm

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ Ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Coordenadas		Altura
					UTM_X	UTM_Y	msnm
PM-01	camal municipal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	8499813	188892	3187 ms.m

MEDICIÓN DE CAUDAL (MÉTODO VOLUMÉTRICO)

N° MEDICIÓN	HORA	TIEMPO (S)	VOLUMEN (L)	CAUDAL (L/S)	OBSERVACIONES
1	09:00 am	16.1	50	3.1	Color rojizo con restos de vísceras
2	09:30 am	5.94	50	8.4	Color naranja con presencia de restos de rumen (lavado de vísceras blancas)
3	10:00 am	2.08	50	24.0	Color naranja oscuro del efluente debido al lavado de las vísceras
4	10:30 am	7.51	50	6.7	Coloración roja intenso, con restos de vísceras y además cebo (degollado)
5	11:00 am	2.58	50	19.4	Disminución de la intensidad del color rojizo, presenta restos de materia fecal y rumen
6	11:30 am	28.7	50	1.7	Coloración guinda del efluente por lavado de vísceras rojas y limpieza de carcazas
7	12:00 pm	45.5	50	1.1	Coloración marrón-guinda, restos de materia fecal y ruminaza

- **NOTA:** Se realizará la toma de una muestra compuesta de volumen proporcional.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI  
CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE  
CIP: 81018



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2022"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Fecha: 08/11/22

Punto de monitoreo	Descripción Origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura msnm	Hora	pH	T	OD	COND	TDS	Turbiedad FNU	% OD
						UTM_X	UTM_Y				°C	mg/L	$\mu S/cm$	ppm		
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	09:02 am	7.73	17.9	0	1438	719	906	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	09:31 am	7.54	18.69	0	1583	790	867.5	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	10:01 am	7.06	19.61	0	2073.5	1033.5	979	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	10:32 am	7.68	18.59	0	1207	604	168.5	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	11:00 am	7.31	19.52	0	1924.5	958	688.5	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	11:30 pm	7.37	19.12	0	1747	869.5	908.5	0
PM-01	Afuera de la instalación del camal	Cusco	San Jerónimo	Cusco	Cusco	8499813	188892	3187	12:00 pm	7.52	19.55	0	1704.5	846	508	0

- Se utilizará el multiparámetro HANNA HI9829 como instrumento de medición de los parámetros de campo.

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI  
CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE  
CIP: 81018



HOJA DE CÁLCULO N°3



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora inicio:

Hora final:

MUESTRA COMPUESTA -PROCESO FENTON

Fórmula para el cálculo del caudal instantáneo:

Fórmula para el cálculo del volumen de cada alícuota:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Flujo volumétrico o caudal (L/s)

V = Volumen(L)

t = Tiempo(s)

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

$V_i$ : Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V: Volumen total a componer

$Q_i$ : Caudal instantáneo medido en el momento de la toma de muestra

$Q_p$ : Caudal promedio durante el muestreo

n: Número de muestras tomadas

N° MEDICION	TIEMPO(s)	VOLUMEN(L)	Qi (L/s)	V. ALÍCUOTA (ml)
1	16.1	50	3.1	964
2	5.9	50	8.4	2612
3	2.1	50	24.0	7461
4	7.5	50	6.7	2066
5	2.6	50	19.4	6015
6	28.7	50	1.7	541
7	45.5	50	1.1	341
				<b>20000</b>

Caudal promedio

9.21

NOTA: Se realizará la toma de una muestra compuesta.

Volumen total a componer

20

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP:81018



REGISTRO DE DATOS EN LABORATORIO N°06

TESIS: "Eficiencia del proceso Fenton y Fotofenton en la remoción de la DBO5 del efluente del Camal Municipal Cusco-2022"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar: Laboratorio de Química - UAC

Fecha: 08/11/22

PROCESO FOTOFENTON

N° EXPERIMENTO	pH muestra	FeSO <sub>4</sub> (mg/L)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/L)	pH proceso	Radiación No Ionizante UV C	Hora de inicio del tratamiento	Hora de término del tratamiento	pH final	OBSERVACIONES
01	7.6	1200	700	3	254nm	04:45 PM	05:45 PM	7.0	
02	7.6	2200	700	3	254nm	12:10 AM	01:10 AM	7.0	Después de la precipitación, tuvo una coloración amarillenta.
03	7.6	1200	1100	3	254nm	04:45 PM	05:45 PM	7.0	
04	7.6	2200	1100	3	254nm	02:44 AM	03:44 AM	7.0	
05	7.6	1200	900	2.5	254nm	07:52 PM	08:52 PM	7.0	
06	7.6	2200	900	2.5	254nm	04:44 AM	05:44 AM	7.0	
07	7.6	1200	900	3.5	254nm	10:05 PM	11:05 PM	7.0	Repetición de la muestra, no logró precipitar.
08	7.6	2200	900	3.5	254nm	04:44 AM	05:44 AM	7.0	
09	7.6	1700	700	2.5	254nm	10:05 PM	11:05 PM	7.0	
10	7.6	1700	1100	2.5	254nm	12:30 AM	01:30 AM	7.0	
11	7.6	1700	700	3.5	254nm	02:44 AM	03:44 AM	7.0	Presenta una coloración amarillenta, después de la precipitación.
12	7.6	1700	1100	3.5	254nm	06:15 AM	07:15 AM	7.0	
13	7.6	1700	900	3	254nm	06:10 PM	07:10 PM	7.0	
14	7.6	1700	900	3	254nm	06:10 PM	07:10 PM	7.0	
15	7.6	1700	900	3	254nm	07:52 PM	08:52 PM	7.0	

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP: 184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



TESIS: "Eficiencia de los procesos Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"

Realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

Lugar:

Fecha:

Hora:

PROCESO FOTOFENTON

Cálculo del porcentaje de remoción de la  $DBO_5$ :

$$\text{Remoción } DBO_5(\%) = \frac{(\text{Concentracion Inicial } DBO_5 - \text{Concentracion Final } DBO_5)}{\text{Concentracion Inicial } DBO_5} \times 100$$

N° DE EXPERIMENTO	$DBO_5$ ANTES DEL TRATAMIENTO (mg O <sub>2</sub> L)	$DBO_5$ DESPUÉS DEL TRATAMIENTO (mg O <sub>2</sub> L)	% REMOCIÓN DE $DBO_5$
01	3946.84	313.69	92.05
02	3946.84	669.84	83.03
03	3946.84	263.56	93.32
04	3946.84	276.41	93.00
05	3946.84	211.91	94.63
06	3946.84	466.87	88.17
07	3946.84	1440.33	63.51
08	3946.84	243.7	93.83
09	3946.84	228.47	94.21
10	3946.84	218.53	94.46
11	3946.84	482.1	87.79
12	3946.84	298	92.45
13	3946.84	271.51	93.12
14	3946.84	268.2	93.20
15	3946.84	377.47	90.44

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012

ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



**HOJA DE CÁLCULO N°05  
DEL ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD (IB) DE LAS AGUAS  
RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE CUSCO**



**TESIS: "Eficiencia del proceso Fenton y Fotofenton en la remoción de la  $DBO_5$  del efluente del Camal Municipal Cusco-2021"**

**Realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Lugar:**

**Fecha:**

**Hora inicio:**

**Hora final:**

**Cálculo del índice de biodegradabilidad:**

$$(IB) = \frac{DBO}{DQO}$$

Donde:

DBO: Demanda biológica de oxígeno

DQO: Demanda química de oxígeno

**ANTES DEL TRATAMIENTO- PROCESO FENTON**

<b>DBO</b> <b>(mg/L)</b>	<b>DQO</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Índice de biodegradabilidad</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1207.89	2501.00	0.48	Vertido poco biodegradable

**ANTES DEL TRATAMIENTO- PROCESO FOTOFENTON**

<b>DBO</b> <b>(mg/L)</b>	<b>DQO</b> <b>(mg/L)</b>	<b>Índice de biodegradabilidad</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
3946.84	5201.59	0.76	Vertido biodegradable

ING. CHAVEZ BERMUDEZ BITIA KURI

CIP:184012


ING. VARGAS RODRIGUEZ DANTE

CIP: 81018



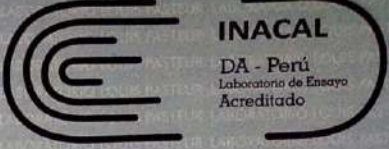
ANEXO N°03

Reportes de laboratorio



**LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3323-2022**  
**SO-0951-2022**

Registro N°LE - 042

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.


**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
**Nombre del Producto:** Agua residual  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/21  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/21  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**  
**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 14:50  
**Procedencia de la Muestra:** Afueras de la instalación del camal – Coordenadas: 8499813 188892 Zona 19L.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** frascos de polietileno de 1L y 250ml; transportado en cadena de frío.


**REPORTE DE RESULTADOS**  
**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/27

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	1207,89
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	2501,00

**Métodos de Referencia:**  
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)  
Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)



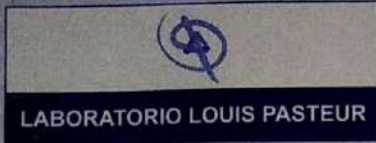
Biga Mercedes Manrique Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



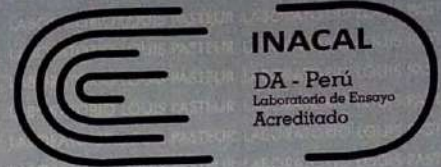
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



INACAL

DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3332-2022**  
**SO-0955-2022**

Registro N° LE - 042

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**


**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	116,09

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Bigla Mercedes Manza Quispe Fiorez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



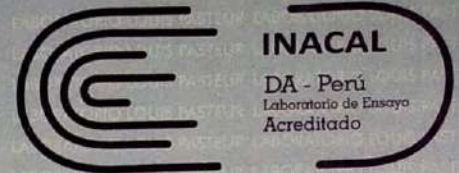
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
riolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3333-2022**  
**SO-0955-2022**

Registro N°LE - 042

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**


**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	360,91

**Métodos de Referencia:**

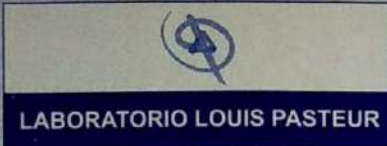
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Florez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

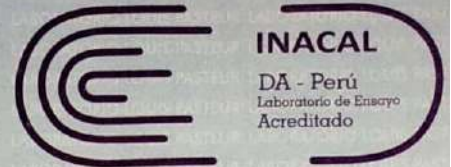


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3334-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Contenido y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**


**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	103,17

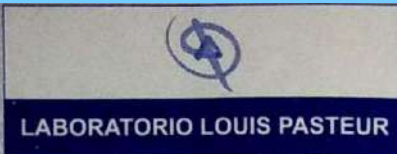
**Métodos de Referencia:**

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

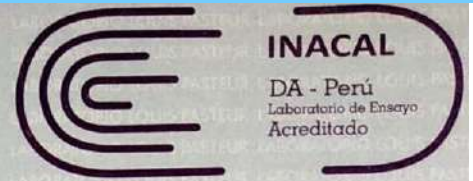
  
Bлга. Mercedes Mariya Quispe Flórez  
C. B. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3335-2022**  
**SO-0955-2022**

Registro N°LE - 042

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**


**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	94,23

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

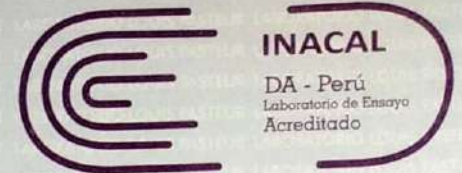
  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3336-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 2,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**


**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	72,91

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

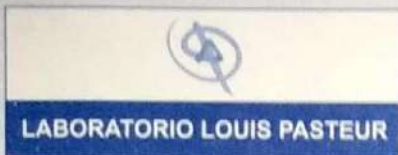
  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Fiorez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



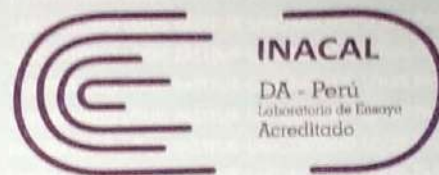
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N° LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3337-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 2,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	100,59

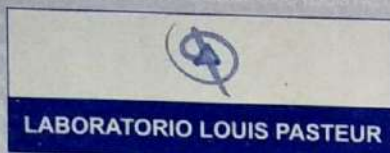
**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

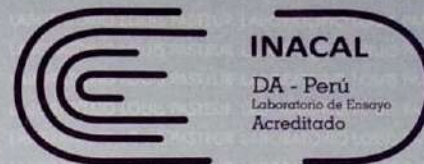
  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3338-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	113,31

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

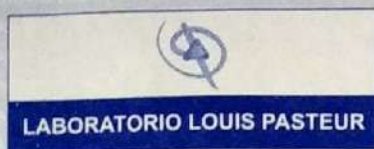
  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Fiorez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



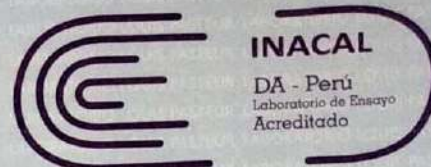
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco  
Laboratorioulouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3339-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	80,13

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blg. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

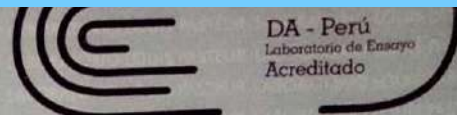
Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laboratorioulouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe





LABORATORIO LOUIS PASTEUR

ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3340-2022**  
**SO-0955-2022**

Registro N°LE - 042

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 2,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**


**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	121,78

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

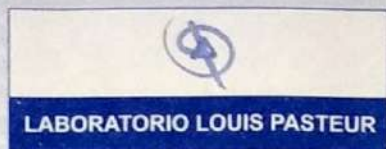
  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Florez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



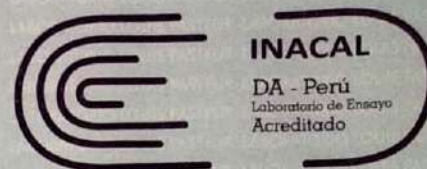
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laboriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3341-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

Solicitante: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Dirección Legal: APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Nombre del Producto: Agua residual tratada  
Matriz química: Agua residual  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2022/09/22  
Fecha de Ensayo: 2022/09/22  
Nro Cotización: 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

Muestreo realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Fecha de Muestreo: 2022/09/21  
Hora de Muestreo: 20:00  
Procedencia de la Muestra: FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 2,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	139,13

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



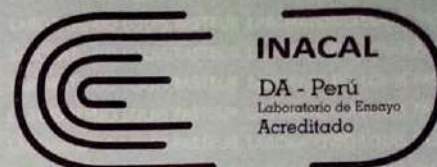
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laboriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3342-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 3,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	99,73

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

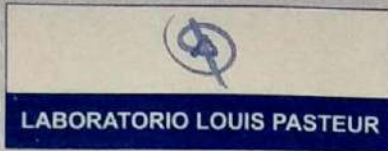
  
Biga Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B / P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



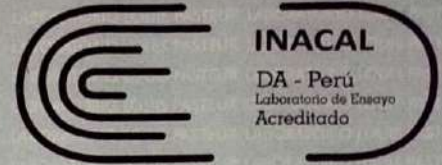
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D.18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
louis@louispasteur@yahoo.es www.louispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3343-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 3,5 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	102,05

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Fiorez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



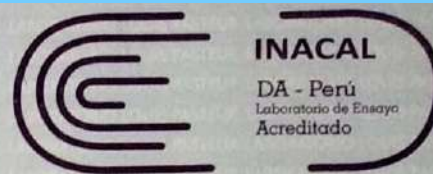
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D. 18 B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
louis@louispasteur@yahoo.es www.louispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3344-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Quimica – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	110,26

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Biga Mercedes Maritza Quispe Fiorez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



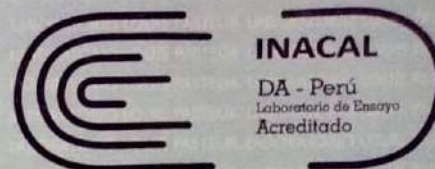
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
iolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3345-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/09/22  
**Fecha de Ensayo:** 2022/09/22  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Fecha de Muestreo:** 2022/09/21  
**Hora de Muestreo:** 20:00  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Quimica – Universidad Andina del Cusco.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	115,43

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

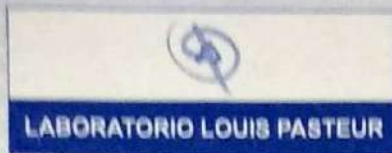
  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



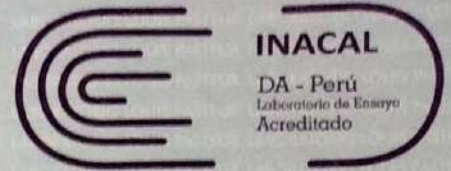
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laboratorioulouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3346-2022**  
**SO-0955-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

Solicitante: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Dirección Legal: APV Rosaura C-1 – Santiago.

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Nombre del Producto: Agua residual tratada  
Matriz química: Agua residual  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2022/09/22  
Fecha de Ensayo: 2022/09/22  
Nro Cotización: 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

Muestreo realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Fecha de Muestreo: 2022/09/21  
Hora de Muestreo: 20:00  
Procedencia de la Muestra: FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3 – Laboratorio de Química – Universidad Andina del Cusco.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de vidrio de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2022/09/29

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	108,27

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Matiza Quispe Fiorez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



INACAL

DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N°LE - 042

## INFORME DE ENSAYO LLP-3917-2022 SO-1233-2022

Pág. 1 de 1

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

**Nombre del Producto:** Agua residual

**Matriz química:** Agua residual

**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/08

**Fecha de Ensayo:** 2022/11/08

**Nro Cotización:** 108-08-2022

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Muestreo fue realizado según el instructivo:**

LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico

**Fecha de Muestreo:** 2022/11/08

**Hora de Muestreo:** 13:20

**Procedencia de la Muestra:** Afuera de las instalaciones del Camal Municipal de Cusco – San Jerónimo.

**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de polietileno de 1L y 01 frasco de polietileno de 250ml, transportado en cadena de frío.

### REPORTE DE RESULTADOS

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/15

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

### RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	3946,84
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	5201,59

### Métodos de Referencia:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)

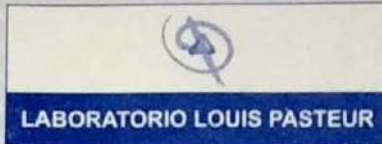
  
Blga. Mercedes Matiza Quispe Florez  
C. B P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



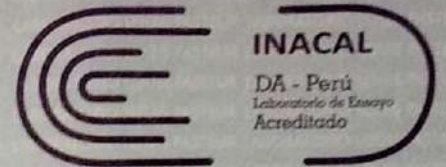
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3944-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

Solicitante: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Dirección Legal: APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Nombre del Producto: Agua residual tratada  
Matriz química: Agua residual  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2022/11/09  
Fecha de Ensayo: 2022/11/09  
Nro Cotización: 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

Muestreo realizado por: Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
Muestreo fue realizado según el instructivo:  
LLP-MP14-106: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
Fecha de Muestreo: 2022/11/09  
Procedencia de la Muestra: FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml, transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2022/11/16


*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	313,69

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

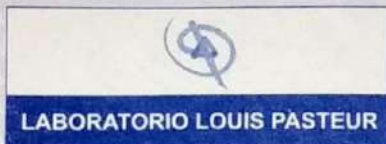
  
Blga. Mercedes Mariza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



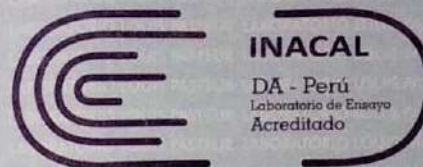
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D. 18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
oriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3945-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml, transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16


*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	669,84

**Métodos de Referencia:**

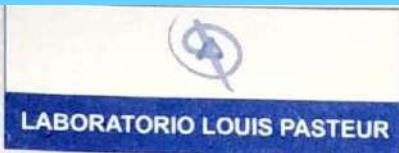
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Matiza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

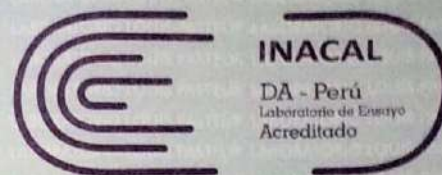


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE-042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3946-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16


*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	263,56

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Mayra Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

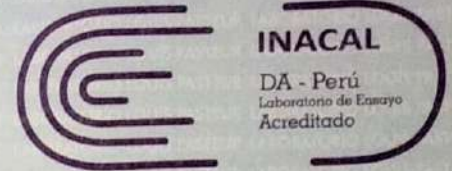


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3947-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	276,41

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blg. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



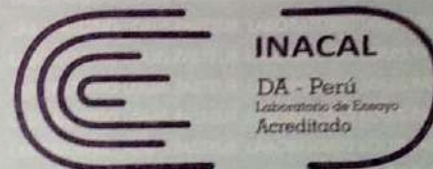
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
laborioulouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3948-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 2.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	211,91

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

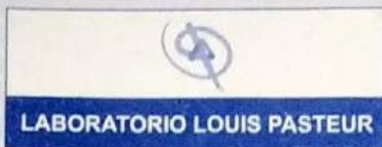
  
Blga. Mercedes Manza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



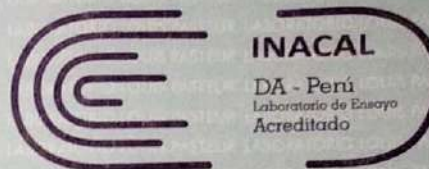
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
riolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3949-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 2.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16


**Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.**

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	466,87

**Métodos de Referencia:**

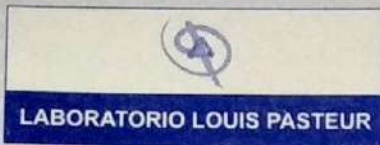
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blgo. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

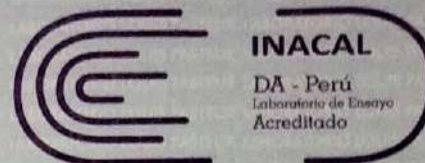


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3950-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	1440,33

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Florez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

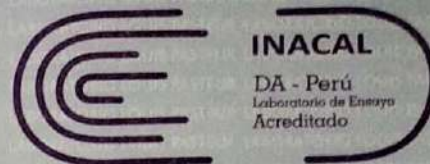


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3951-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 2200 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16


**Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.**

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	243,70

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Maritza Quispe Florez  
C.B P.4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

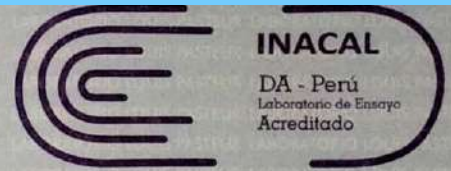
LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D 18-B Wanchaq - Cusco  
Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
toriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3952-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 2.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	228,47

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Bla. Mercedes Maritza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

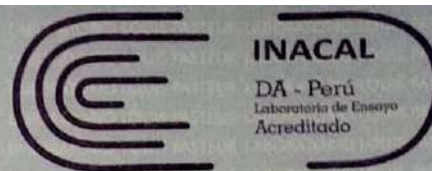


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3953-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 2.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	218,53

**Métodos de Referencia:**

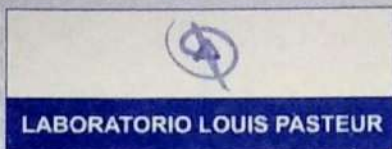
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Bla. Mercedes Marjaza Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

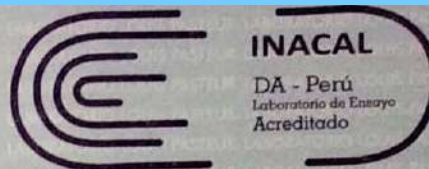


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3954-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 700 mg/L; pH: 3.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	482,10

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

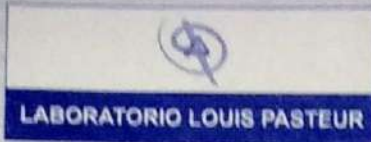
  
Bla Mercedes Maritza Quispe Florez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



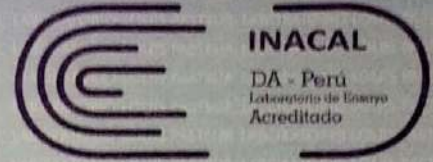
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
louispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3955-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 1100 mg/L; pH: 3.5; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	298,00

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Bilga Mercedes Maritza Quispe Flores  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - Cel. 975713500 - 974787151  
louispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



INACAL

DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3956-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada

**Matriz química:** Agua residual

**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09

**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09

**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza

**Muestreo fue realizado según el instructivo:**

LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico

**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09

**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC –

Laboratorio de Química – UAC

**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	271,51

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga Mercedes Mariya Quispe Flórez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

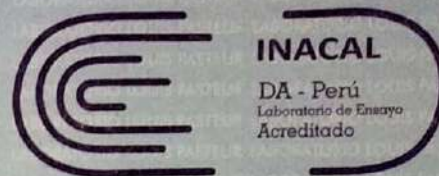


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE-042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3957-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-106: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	268,20

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Mantza Quispe Flórez  
C. B P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD

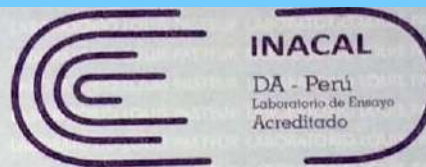


Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-3958-2022**  
**SO-1240-2022**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**

**Solicitante:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Dirección Legal:** APV Rosaura C-1

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

**Nombre del Producto:** Agua residual tratada  
**Matriz química:** Agua residual  
**Fecha de Ingreso de Muestra:** 2022/11/09  
**Fecha de Ensayo:** 2022/11/09  
**Nro Cotización:** 108-08-2022

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):**

**Muestreo realizado por:** Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza  
**Muestreo fue realizado según el instructivo:**  
LLP-MP14-I06: Instructivo Toma – Preservación de Muestras de Aguas - Laboratorio Químico  
**Fecha de Muestreo:** 2022/11/09  
**Procedencia de la Muestra:** FeSO<sub>4</sub>: 1700 mg/L; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 900 mg/L; pH: 3.0; Radiación no ionizante UVC – Laboratorio de Química – UAC.  
**Cantidad y Descripción de la Muestra:** 01 frasco de vidrio esterilizado de 700ml; transportado en cadena de frío.

**REPORTE DE RESULTADOS**

**Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:** 2022/11/16

*Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.*

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	377,47

**Métodos de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)

  
Blga. Mercedes Mariza Quispe Florez  
C. B. P. 4917  
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021



ANEXO N°04

Panel fotográfico

Metodología empleada para la toma de muestra- Proceso Fenton







### Aplicación del proceso Fenton para la remoción de la DBO de la muestra





## Metodología de la toma de muestra para el proceso Fotofenton





### Aplicación del proceso Fotofenton para la remoción de la DBO de la muestra





ANEXO N°05

Cadena de custodia de las muestras de efluente tratadas mediante el proceso Fenton



Laboratorio Louis Pasteur S.R.L.

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq  
Celular: 975 713500 - 974787151  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es  
www.louispasteur.pe

CADENA DE CUSTODIA

Datos del cliente (A nombre de quien debe salir los resultados): SHIONARA JHAMILET ZAVALA ESPINOZA

Razón social: \_\_\_\_\_ RUC: \_\_\_\_\_

Dirección: A.P.V ROSAURA C-1 SANTIAGO Teléfono: 953508382

Contacto: \_\_\_\_\_

Muestreo realizado por: Personal del laboratorio  Cliente

Fecha de toma de muestreo: 21/09/22 (\*) Cotización N° 108-08-2022 SO: \_\_\_\_\_

Nro.	HORA	NOMBRE DE LA MUESTRA	MATRIZ	UBICACION	ANALISIS DE LABORATORIO
01	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 1200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 700 mg/l PH = 3	DBO <sub>5</sub>
02	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 2200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 700 mg/l PH = 3	DBO <sub>5</sub>
03	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 1200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1100 mg/l PH = 3	DBO <sub>5</sub>
04	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 2200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1100 PH = 3	DBO <sub>5</sub>
05	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 1200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 900 mg/l PH = 2.5	DBO <sub>5</sub>
06	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 2200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 900 mg/l PH = 2.5	DBO <sub>5</sub>
07	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 1200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 900 mg/l PH = 3.5	DBO <sub>5</sub>
08	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 2200 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 900 mg/l PH = 3.5	DBO <sub>5</sub>
09	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 1100 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 700 mg/l PH = 2.5	DBO <sub>5</sub>
10	08:00 PM	AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> = 1100 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> = 1100 mg/l PH = 2.5	DBO <sub>5</sub>

OBSERVACIONES EN EL MUESTREO:

①-⑩ Las muestras fueron colectadas al término del tratamiento mediante el proceso Fenton en las instalaciones del Laboratorio de Química de la Universidad Andina del Cusco.

PARAMETROS IN SITU:

DATOS ADICIONALES:

NOMBRE DEL MUESTREO:

Condiciones de Traslado y Preservación de muestras a responsabilidad del muestreador hasta su ingreso al laboratorio. (Llenado en el laboratorio)	
Temperatura ambiente	SI (X) NO ( )
Refrigerado (Entre 0 - 4°C alimentos y ≤ 6°C aguas)	SI (X) NO ( )
Temperatura de Ingreso a Laboratorio	
Condición de Recepción de la Muestra (Para uso del laboratorio marcar con una (x))	
En buen estado/cantidad adecuada	SI (X) NO ( )
Recipiente apropiado	SI (X) NO ( )
Preservadas	SI ( ) NO (X)
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> e ( )
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1 ( )
	HCL 1:1 ( )
	Tiosulfato 3% ( )
	Tiosulfato 10% ( )
Dentro del tiempo de conservación	SI (X) NO ( )

Nombre y apellido del cliente que entrega la muestra: SHIONARA JHAMILET ZAVALA ESPINOZA

Fecha y hora de entrega: 22/09/22 09:42 am Firma: [Firma]

Nombre(s) y Apellidos(s) del Responsable del muestreo: SHIONARA JHAMILET ZAVALA ESPINOZA

Fecha y hora de muestreo: 21/09/22 Firma: [Firma]

Personal que Recepciona las muestras: Judeth Tomay conza

Fecha y hora de recepción: 2022/09/22 09:42

(\*) De existir una cotización aprobada, deben consignar el número de cotización

LLP-MP14-F04 VER12 AGOSTO 2021

MATRIZ:

ALIMENTOS PREPARADOS= AP  
AGUAS SUPERFICIALES= AS  
ALIMENTOS COCIDOS DE RECONSTITUCION INSTANTANEA= ACR

CEREALES Y DERIVADOS= CD  
AGUA DE MANANTIAL= AM  
ENRIQUECIDO LACTEO= EL

LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS= LPL  
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL= ARI  
MEZCLA FORTIFICADA= MF

AGUA POTABLE= AG  
BIZCOCHOS= B  
CEREALES Y MENESTRAS= MF

AGUA RESIDUAL= AR



Laboratorio Louis Pasteur s.r.l.

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq  
Celular: 975 713500 - 974787151  
laboratorioulouispasteur@yahoo.es  
www.lablouispasteur.pe

## CADENA DE CUSTODIA

Datos del cliente (A nombre de quien debe salir los resultados): SHIOMARA JHAMILET ZAVALA TA ESPINOZA  
Razón social: \_\_\_\_\_ RUC: \_\_\_\_\_  
Dirección: A.P.V ROSAURA C-1 SANTIAGO Teléfono: 953508387  
Contacto: \_\_\_\_\_  
Muestreo realizado por: Personal del laboratorio  Cliente   
Fecha de toma de muestreo: 21/09/22 (\*) Cotización N°: 108-08-2022 SO: \_\_\_\_\_

Nro.	HORA	NOMBRE DE LA MUESTRA	MATRIZ	UBICACION	ANALISIS DE LABORATORIO
11		AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> =1700 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =700 mg/l pH=3.5	DBO <sub>5</sub>
12		AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> =1700 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =1100 mg/l pH=3.5	DBO <sub>5</sub>
13		AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> =1700 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =900 mg/l pH=3	DBO <sub>5</sub>
14		AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> =1700 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =900 mg/l pH=3	DBO <sub>5</sub>
15		AGUA RESIDUAL TRATADA	AR	FeSO <sub>4</sub> =1700 mg/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =900 mg/l pH=3	DBO <sub>5</sub>

### OBSERVACIONES EN EL MUESTREO:

El muestreo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Química de la Universidad Andina del Cusco

### PARAMETROS IN SITU:

### DATOS ADICIONALES:

### NOMBRE DEL MUESTREO:

Condiciones de Traslado y Preservación de muestras a responsabilidad del muestreador hasta su ingreso al laboratorio. (Llenado en el laboratorio)	
Temperatura ambiente	SI (X) NO ( )
Refrigerado (Entre 0 - 4°C alimentos y ≤ 6°C aguas)	SI (X) NO ( )
Temperatura de Ingreso a Laboratorio	SI (X) NO ( )
Condición de Recepción de la Muestra (Para uso del laboratorio marcar con una (x))	
En buen estado/cantidad adecuada	SI (X) NO ( )
Recipiente apropiado	SI (X) NO ( )
Preservadas	SI ( ) NO (X) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> c ( ) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1 ( ) HCL 1:1 ( ) Tiosulfato 3% ( ) Tiosulfato 10% ( )
Dentro del tiempo de conservación	SI (X) NO ( )

Nombre y apellido del cliente que entrega la muestra: SHIOMARA JHAMILET ZAVALA TA ESPINOZA  
Fecha y hora de entrega: 22/09/22 09:42 am Firma: [Firma]  
Nombre(s) y Apellidos(s) del Responsable del muestreo: SHIOMARA JHAMILET ZAVALA TA ESPINOZA  
Fecha y hora de muestreo: 21/09/22 Firma: [Firma]  
Personal que Recepciona las muestras: Judith Tamayconza ?  
Fecha y hora de recepción: 2022/09/22 09:42

(\*) De existir una cotización aprobada, deben consignar el número de cotización

LLP-MP14-F04 VER12 AGOSTO 2021

MATRIZ:

CEREALES Y DERIVADOS= CD  
AGUA DE MANANTIAL= AM  
ENRIQUECIDO LACTEO= EL

LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS = LPL  
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL= ARI  
MEZCLA FORTIFICADA = MF

AGUA POTABLE= AG  
BIZCOCHOS= B  
CEREALES Y MENESTRAS = CM

AGUA RESIDUAL= AR



ANEXO N°06

Cadena de custodia de las muestras de efluente tratadas mediante el proceso Fotofenton



Laboratorio Louis Pasteur s.r.l.

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq  
Celular: 975 713500 - 974787151  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es  
www.lablouispasteur.pe

CADENA DE CUSTODIA

Datos del cliente (A nombre de quien debe salir los resultados): SHIOMARA JHAMILET ZAVALETA ESPINOZA

Razón social: \_\_\_\_\_ RUC: \_\_\_\_\_

Dirección: A.P.V ROSAURA C-1 Teléfono: 953508382

Contacto: \_\_\_\_\_

Muestreo realizado por: Personal del laboratorio  Cliente

Fecha de toma de muestreo: 09-11-2022 (\*) Cotización N°: 108-02-2022 SO: \_\_\_\_\_

Nro.	HORA	NOMBRE DE LA MUESTRA	MATRIZ	UBICACION	ANALISIS DE LABORATORIO
01				$FeSO_4=1.2$ $H_2O_2=0.7$ $pH=3.0$	Radiación no ionizante UVC
02				$FeSO_4=2.2$ $H_2O_2=0.7$ $pH=3.0$	Radiación no ionizante UVC
03				$FeSO_4=1.2$ $H_2O_2=1.1$ $pH=3.0$	Radiación no ionizante UVC
04				$FeSO_4=2.2$ $H_2O_2=1.1$ $pH=3.0$	Radiación no ionizante UVC
05				$FeSO_4=1.2$ $H_2O_2=0.9$ $pH=2.5$	Radiación no ionizante UVC
06				$FeSO_4=2.2$ $H_2O_2=0.9$ $pH=2.5$	Radiación no ionizante UVC
07				$FeSO_4=1.2$ $H_2O_2=0.9$ $pH=3.5$	Radiación no ionizante UVC
08				$FeSO_4=2.2$ $H_2O_2=0.9$ $pH=3.5$	Radiación no ionizante UVC
09				$FeSO_4=1.7$ $H_2O_2=0.7$ $pH=2.5$	Radiación no ionizante UVC
10				$FeSO_4=1.7$ $H_2O_2=1.1$ $pH=2.5$	Radiación no ionizante UVC

OBSERVACIONES EN EL MUESTREO:

Las muestras fueron tomadas en el laboratorio de Química (Universidad Andina del Cusco) después de haber aplicado el proceso Fotofenton para el respectivo tratamiento del agua residual.

PARAMETROS IN SITU:

DATOS ADICIONALES:

NOMBRE DEL MUESTREO:

Condiciones de Traslado y Preservación de muestras a responsabilidad del muestreador hasta su ingreso al laboratorio. (Llenado en el laboratorio)	
Temperatura ambiente	
Refrigerado (Entre 0 - 4°C alimentos y ≤ 6°C aguas)	SI ( ) NO ( )
Temperatura de Ingreso a Laboratorio	SI ( ) NO ( )
Condición de Recepción de la Muestra (Para uso del laboratorio marcar con una (x))	
En buen estado/cantidad adecuada	
Recipiente apropiado	SI ( ) NO ( )
Preservadas	SI ( ) NO ( )
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> c ( )
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1 ( )
	HCL 1:1 ( )
	Tiosulfato 3% ( )
	Tiosulfato 10% ( )
Dentro del tiempo de conservación	SI ( ) NO ( )

Nombre y apellido del cliente que entrega la muestra: SHIOMARA JHAMILET ZAVALETA ESPINOZA

Fecha y hora de entrega: 09-11-2022 Firma: [Firma]

Nombre(s) y Apellidos(s) del Responsable del muestreo: SHIOMARA JHAMILET ZAVALETA ESPINOZA

Fecha y hora de muestreo: 09-11-2022 Firma: [Firma]

Personal que Recepciona las muestras:

Fecha y hora de recepción: \_\_\_\_\_

(\*) De existir una cotización aprobada, deben consignar el número de cotización

LLP-MP14-F04 VER12 AGOSTO 2021

MATRIZ:

ALIMENTOS PREPARADOS= AP  
AGUAS SUPERFICIALES= AS

CEREALES Y DERIVADOS= CD  
AGUA DE MANANTIAL= AM  
ENRIQUECIDO LACTEO= EL

LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS= LPL  
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL= ARI  
MEZCLA FORTIFICADA= MF

AGUA POTABLE= AG  
BIZCOCHOS= B  
CEREALES Y MENESTRAS= CM

AGUA RESIDUAL= AR



Laboratorio Louis Pasteur S.R.L.

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq  
Celular: 975 713500 - 974787151  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es  
www.lablouispasteur.pe

### CADENA DE CUSTODIA

Datos del cliente (A nombre de quien debe salir los resultados): SHIONARA JHAMILET ZAVALGTA ESPINOZA

Razón social: \_\_\_\_\_ RUC: \_\_\_\_\_

Dirección: A.P.V ROSAURA C-1 Teléfono: 953508382

Contacto: \_\_\_\_\_

Muestreo realizado por: Personal del laboratorio  Cliente

Fecha de toma de muestreo: 09/11/22 (\*) Cotización N°: 108-08-2022 SO: \_\_\_\_\_

Nro.	HORA	NOMBRE DE LA MUESTRA	MATRIZ	UBICACION	ANALISIS DE LABORATORIO
11				FeSO <sub>4</sub> =1.7 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =0.7 pH=3.5	Radiación no ionizante UVC
12				FeSO <sub>4</sub> =1.7 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =1.1 pH=3.5	Radiación no ionizante UVC
13				FeSO <sub>4</sub> =1.7 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =0.9 pH=3.0	Radiación no ionizante UVC
14				FeSO <sub>4</sub> =1.7 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =0.9 pH=3.0	Radiación no ionizante UVC
15				FeSO <sub>4</sub> =1.7 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> =0.9 pH=3.0	Radiación no ionizante UVC

**OBSERVACIONES EN EL MUESTREO:**

Las muestras fueron tomadas en el laboratorio de Química (UAC), después de haber aplicado el proceso Fotofenton para el respectivo tratamiento del agua residual.

**PARAMETROS IN SITU:**

**DATOS ADICIONALES:**

**NOMBRE DEL MUESTREO:**

Condiciones de Traslado y Preservación de muestras a responsabilidad del muestreador hasta su ingreso al laboratorio. (Llenado en el laboratorio)	
Temperatura ambiente	SI ( ) NO ( )
Refrigerado (Entre 0 - 4°C alimentos y ≤ 6°C aguas)	SI ( ) NO ( )
Temperatura de Ingreso a Laboratorio	SI ( ) NO ( )
Condición de Recepción de la Muestra (Para uso del laboratorio marcar con una (x))	
En buen estado/cantidad adecuada	SI ( ) NO ( )
Recipiente apropiado	SI ( ) NO ( )
Preservadas	SI ( ) NO ( )
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> c ( )
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1:1 ( )
	HCL 1:1 ( )
	Tiosulfato 3% ( )
	Tiosulfato 10% ( )
Dentro del tiempo de conservación	SI ( ) NO ( )

Nombre y apellido del cliente que entrega la muestra: SHIONARA JHAMILET ZAVALGTA ESPINOZA

Fecha y hora de entrega: \_\_\_\_\_ Firma:

Nombre(s) y Apellidos(s) del Responsable del muestreo: SHIONARA JHAMILET ZAVALGTA ESPINOZA

Fecha y hora de muestreo: \_\_\_\_\_ Firma:

Personal que Recepciona las muestras: \_\_\_\_\_

Fecha y hora de recepcion: \_\_\_\_\_

(\*) De existir una cotización aprobada, deben consignar el número de cotización

LLP-MP14-F04 VER12 AGOSTO 2021

**MATRIZ:**

ALIMENTOS PREPARADOS= AP  
AGUAS SUPERFICIALES= AS  
ALIMENTOS COCIDOS DE RECONSTITUCION INSTANTANEA= ACRI

CEREALES Y DERIVADOS= CD  
AGUA DE MANANTIAL= AM  
ENRIQUECIDO LACTEO= EL

LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS= LPL  
AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL= ARI  
MEZCLA FORTIFICADA= MF

AGUA POTABLE= AG  
BIZCOCHOS= B  
CEREALES Y MENESTRAS= CM

AGUA RESIDUAL= AR



ANEXO N°07

Etiqueta utilizada en la identificación de muestras -PROCESO FENTON

<b>Código punto de monitoreo:</b> PM- 01			
<b>Tipo de muestra:</b> Agua residual			
<b>Fecha de muestreo:</b> 21/09/22		<b>Hora:</b>	
<b>Muestreado por:</b> Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza			
<b>Tratamiento a realizar:</b> Proceso Fenton			
<b>Preservada:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Tipo reactivo:</b> Ninguno

Etiqueta utilizada en la identificación de muestras -PROCESO FOTOFENTON


<b>Código punto de monitoreo:</b> PM- 01			
<b>Tipo de muestra:</b> Agua residual			
<b>Fecha de muestreo:</b> 08/11/22		<b>Hora:</b>	
<b>Muestreado por:</b> Shiomara Jhamilet Zavaleta Espinoza			
<b>Tratamiento a realizar:</b> Proceso Fotofenton			
<b>Preservada:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>Tipo reactivo:</b> Ninguno





ANEXO N°08

Límites máximos permisibles (LMP) en los vertimientos puntuales de aguas residuales de actividades productivas de ganadería (RESOLUCIÓN N°631-MINAM COLOMBIA).

 **MINAMBIENTE**

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

RESOLUCIÓN No. **0631**

( 7 MAR 2015 )

"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"

**EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por el numeral 25 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993 y el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 modificado por el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010 y,

**C O N S I D E R A N D O:**

Que el artículo 49 de la Constitución Política establece que el saneamiento ambiental es un servicio público a cargo del Estado.

Que los artículos 79 y 80 de la Constitución Política establecen como obligación del Estado, proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que de acuerdo con el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, modificado por el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir los vertimientos puntuales a las aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.


Que el artículo 5 de la Ley 99 de 1993 establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene entre sus funciones, regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir la contaminación hídrica en todo el territorio nacional (numerales 2 y 11).

En mérito de lo expuesto,

**R E S U E L V E:**

**CAPÍTULO I**  
**DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTÍCULO 1. Objeto y Ámbito de Aplicación.** La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes





Resolución No. **0631**

del **17 MAR 2016**

Hoja No. 2

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Igualmente, se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios, de conformidad con el artículo 18 de la presente Resolución.

En el Anexo 2 se relacionan las actividades industriales, comerciales o de servicios, para las cuales se definieron parámetros y valores límites máximos permisibles específicos y de análisis y reporte.

**Parágrafo.** La presente resolución no aplica a los vertimientos puntuales que se realicen a aguas marinas o al suelo.

**ARTÍCULO 2. Definiciones.** Para la aplicación de la presente Resolución se adoptan las siguientes definiciones:

**Aguas Residuales Domésticas - ARD:** Son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a:

1. Descargas de los retretes y servicios sanitarios.
2. Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial).

**Aguas Residuales no Domésticas - ARnD:** Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas - ARD.

## CAPÍTULO II DISPOSICIONES APLICABLES A LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES

**ARTÍCULO 3. Del cumplimiento de la norma de vertimientos cuando la captación y la descarga se realicen en el mismo cuerpo de agua.** Cuando la captación de agua y la descarga de las aguas residuales se realicen en el mismo cuerpo de agua superficial, se procederá a realizar la sustracción del valor de la carga entre las mismas de las cantidades máximas (Kg) de los metales y metaloides y de los elementos, sustancias o parámetros considerados para la Tasa Retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.

Para realizar lo anterior, se utilizan los balances de materia o de masa y las caracterizaciones del agua de la captación y la del vertimiento correspondiente, de acuerdo con la actividad industrial, comercial o de servicios específica.

Una vez efectuada la sustracción, se realiza el cálculo del valor de la concentración del parámetro en el vertimiento puntual y se hace el respectivo control del cumplimiento de la presente Resolución, de acuerdo con los límites máximos permisibles exigidos para la respectiva actividad industrial, comercial o de servicios.



0631

Resolución No.

del

17 MAR 2015

Hoja No. 3

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

**Parágrafo 1.** Los balances de materia o de masa y la realización de la caracterización del(os) vertimiento(s) puntual(es) deberán realizarse simultáneamente en el mismo período de tiempo calendario.

**Parágrafo 2.** El balance de materia o de masa debe satisfacer la Ley de Conservación de la Materia o de la Masa.

**ARTÍCULO 4. De los vertimientos puntuales con sustancias radiactivas o radioisótopos.** Las sustancias radiactivas o radioisótopos se rigen por lo dispuesto en la Resolución 18 0005 de 2010 del Ministerio de Minas y Energía "Por la cual se adopta el Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en Colombia" o aquella que la modifique o sustituya.

**ARTÍCULO 5. Del parámetro de temperatura y de la zona de mezcla térmica.** Para todas las actividades industriales, comerciales o de servicios que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a un cuerpo de agua superficial o a los sistemas de alcantarillado público, tendrán en el parámetro de temperatura como valor límite máximo permisible el de 40,00 °C.

Para las actividades industriales, comerciales o de servicios (excepto la de generación de energía eléctrica por procesos térmicos (termoeléctricas)), que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales, la diferencia de los valores de temperatura en la zona de mezcla térmica del cuerpo de agua superficial receptor con respecto a la temperatura del mismo antes del punto de vertimiento puntual, a una distancia máxima de cien metros (100,00 m) deberá ser menor o igual a 5,00 °C, considerando para las mediciones y determinaciones la sección transversal y perpendicular del cauce del cuerpo de agua receptor.

Para la actividad de generación de energía eléctrica por procesos térmicos (termoeléctricas), que realicen vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de aguas superficiales, deberán presentar ante la Autoridad Ambiental competente la siguiente información con los respectivos soportes técnicos:

1. Las determinaciones de las diferencias de los valores de temperatura en la zona de mezcla térmica del cuerpo de agua superficial receptor tomando como referencia las condiciones de la temperatura del mismo antes del punto de vertimiento puntual y simultáneamente,
2. Las determinaciones de los cambios de los componentes fisicoquímicos e hidrobiológicos del cuerpo de agua superficial receptor y tomando como referencia las condiciones del mismo antes del punto de vertimiento puntual.

Ambas determinaciones se hacen considerando para las mediciones la sección transversal y perpendicular del cauce del cuerpo de agua receptor y deben efectuarse para diferentes periodos climáticos.

Con esta información, la Autoridad Ambiental competente le establecerá:

- a. La diferencia máxima de temperatura a una distancia de cien metros (100,00 m), en la zona de mezcla térmica y simultáneamente,



Resolución No. **0631** del **07 MAR 2015** Hoja No. 4

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

- b. La distancia máxima a la cual se tiene una diferencia de temperatura menor o igual a 5,00 °C.

Las distancias consideradas en este artículo se determinan como la distancia paralela al eje longitudinal del cuerpo de agua superficial entre el punto de vertimiento y la sección transversal a dicho eje.

Todas las determinaciones y mediciones establecidas en este artículo, estarán a cargo del responsable de la actividad industrial, comercial o de servicios, aplicando para tales efectos lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales y Subterráneas.

### CAPÍTULO III VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES MICROBIOLÓGICOS EN VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES (ARD y ARnD) A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES

**ARTÍCULO 6. *Parámetros microbiológicos de análisis y reporte en los vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.*** Se realizará el análisis y reporte de los valores de la concentración en Número Más Probable (NMP/100mL) de los Coliformes Termotolerantes presentes en los vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) mediante las cuales se gestionen excretas humanas y/o de animales a cuerpos de aguas superficiales, cuando la carga másica en las aguas residuales antes del sistema de tratamiento es mayor a 125,00 Kg/día de DBO<sub>5</sub>.

**Parágrafo.** La toma de muestras deberá realizarse de forma simultánea con la caracterización del(os) vertimiento(s) puntual(es), en el mismo período de tiempo que dure la misma y en el mismo punto de la caracterización.

### CAPÍTULO IV PARÁMETROS DE INGREDIENTES ACTIVOS DE PLAGUICIDAS DE LAS CATEGORÍAS TOXICOLÓGICAS IA, IB Y II Y SUS VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS – ARnD A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y AL ALCANTARILLADO PÚBLICO

**ARTÍCULO 7. *Parámetros de ingredientes activos de plaguicidas de las categorías toxicológicas IA, IB y II y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público.*** Las actividades que tengan aguas residuales no domésticas – ARnD, y que:

- A. Usen directamente en su actividad industrial, comercial o de servicios, o que las materias primas o insumos contengan plaguicidas con ingredientes activos de las categorías toxicológicas IA, IB y II, de acuerdo con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud - OMS y/o el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces, para:
1. El lavado, la limpieza y/o la desinfección de productos agropecuarios;
  2. El mantenimiento y limpieza de aeronaves o de elementos y equipos empleados para su aplicación (aérea o terrestre).



Resolución No.

0631

del

17 MAR 2015

Hoja No. 5

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

3. El mantenimiento de su infraestructura, incluyendo la asociada con los dos (2) ítems anteriores.
  4. Sistemas de refrigeración, enfriamiento e intercambio de calor.
- B. Fabriquen ingredientes activos de las categorías toxicológicas IA, IB y II de acuerdo con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud - OMS y/o el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces o productos formulados con estos ingredientes activos.

Deberán cumplir con los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a los cuerpos de aguas superficiales o al alcantarillado público, que se señalan a continuación:

1. El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,001 mg/L para cada una de las siguientes características químicas:
  - a. Los ingredientes activos de plaguicidas de la Categoría Toxicológica IA con características químicas cuyos valores de Dosis Letal Oral (DL<sub>50</sub> oral) en ratas más altos conocidos sean menores o iguales a 20,00 mg/Kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces.
  - b. Los ingredientes activos de plaguicidas con características toxicológicas cuya información reconocida por el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces, sean catalogadas como extremada o altamente peligrosas.
2. El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,05 mg/L para los ingredientes activos de plaguicidas de la categoría Toxicológica IB, cuyos valores de Dosis Letal Oral (DL<sub>50</sub> oral) en ratas más bajos conocidos sean mayores a 20,00 y menores o iguales a 200,00 mg/Kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces.
3. El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,10 mg/L para los ingredientes activos de plaguicidas de la Categoría Toxicológica II exceptuando los clasificados como Compuestos Organoclorados, cuyos valores de Dosis Letal Oral (DL<sub>50</sub> oral) en ratas más bajos conocidos sean mayores a 200,00 y menores o iguales a 2.000,00 mg/Kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces.

El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,05 mg/L para los ingredientes activos de plaguicidas de la Categoría Toxicológica II clasificados como Compuestos Organoclorados y cuyos valores de Dosis Letal Oral (DL<sub>50</sub> oral) en ratas más bajos conocidos sean mayores a 200,00 y menores o iguales a 2.000,00 mg/Kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces.

**Parágrafo.** La concentración total de ingredientes activos de plaguicidas del presente artículo, deberán cumplir:





Resolución No. **0631** del **07 MAR 2010**

Hoja No. 6

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

1. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,001 mg/L podrá ser de 0,01 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.
2. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,05 mg/L, incluyendo los clasificados como Compuestos Organoclorados, podrá ser de 0,50 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.
3. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas cuyo valor individual máximo admisible sea de 0,10 mg/L podrá ser de 1,00 mg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.
4. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas no podrá ser superior a 1,00 mg/L.

#### CAPÍTULO V

### PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS – ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES

**ARTÍCULO 8.** *Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas – ARD de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.* Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas – ARD y de las Aguas Residuales no Domésticas – ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cumplir, serán los siguientes:

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - ARD DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD - ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES, CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 625,00 Kg/día DBO <sub>5</sub>
<b>Generales</b>			
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO) <sup>2</sup>	mg/L O <sub>2</sub>	200,00	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB <sub>5</sub> ) <sup>3</sup>	mg/L O <sub>2</sub>		90,00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	100,00	90,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	ml/L	5,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	20,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L		Análisis y Reporte
<b>Hidrocarburos</b>			
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L		Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Fósforo</b>			
Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L		Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L		Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>			
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L		Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L		Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L		Análisis y Reporte



Resolución No. **0631** del **17 MAR 2015.**

Hoja No. 7

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - ARD Y DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD - ARND) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES. CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 825,00 Kg/día DBO <sub>5</sub>
<b>Generales</b>			
Nitrógeno Total (N)	mg/L		Análisis y Reporte

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - ARD, Y AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS - ARND DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO, CON UNA CARGA MAYOR A 825,00 Kg/día Y MENOR O IGUAL A 3.000,00 Kg/día DBO <sub>5</sub>	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - ARD, Y AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS - ARND DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO, CON UNA CARGA MAYOR A 3.000,00 Kg/día DBO <sub>5</sub>
<b>Generales</b>			
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	180,00	150,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	90,00	70,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	90,00	70,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	10,00
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L		Análisis y Reporte
Fenoles Totales	mg/L		Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Hidrocarburos</b>			
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L		Análisis y Reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L		Análisis y Reporte
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L		Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Fósforo</b>			
Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>			
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Iones</b>			
Cianuro Total (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,50	0,50
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Sulfuros (S <sup>2-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Metales y Metaloides</b>			
Aluminio (Al)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Cadmio (Cd)	mg/L	0,10	0,10
Cinc (Zn)	mg/L	3,00	3,00
Cobre (Cu)	mg/L	1,00	1,00
Cromo (Cr)	mg/L	0,50	0,50
Hierro (Fe)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Mercurio (Hg)	mg/L	0,02	0,02
Níquel (Ni)	mg/L	0,50	0,50
Plata (Ag)	mg/L		Análisis y Reporte
Plomo (Pb)	mg/L	0,50	0,50
<b>Otros Parámetros para Análisis y Reporte</b>			
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m <sup>-1</sup>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte



Resolución No. **0631** del **17 MAR 2015**

Hoja No. 8

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

**Parágrafo.** En los casos en que el vertimiento puntual de aguas residuales se realice en un cuerpo de agua superficial receptor o en un tramo del mismo, que tenga como destinación el uso del agua para consumo humano y doméstico, y pecuario la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en el vertimiento puntual de aguas residuales deberá ser menor o igual a 0,01 mg/L para aquellas actividades que lo tienen definido como de análisis y reporte.

**CAPÍTULO VI  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LÍMITES MÁXIMOS  
PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES  
NO DOMÉSTICAS – ARnD A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES**

**SECTOR: ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE AGROINDUSTRIA Y GANADERÍA**

**ARTÍCULO 9.** *Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería.* Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de las actividades productivas de agroindustria y ganadería, serán los siguientes:

**AGROINDUSTRIA**

PARÁMETRO	UNIDADES	PROCESAMIENTO DE HORTALIZAS, FRUTAS, LEGUMBRES, RAÍCES Y TUBÉRCULOS	BENEFICIO DE CAFÉ (CLASIFICACIÓN DE LA FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS – FNC/ CENICAFE).	
			PROCESO O ECOLÓGICO	PROCESO TRADICIONAL
<b>Generales</b>				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	5,00 a 9,00	5,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	150,00	3.000,00	650,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	50,00		400,00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	100,00	600,00	400,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	10,00	10,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00	30,00	10,00
<b>Compuestos de Fósforo</b>				
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>				
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Otros Parámetros para Análisis y Reporte</b>				
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m <sup>1</sup>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

PARÁMETRO	UNIDADES	PROCESOS POSTCOSECHA DE PLÁTANO Y BANANO	PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y DERIVADOS A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR	EXTRACCIÓN DE ACEITES DE ORIGEN VEGETAL
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	200,00	900,00	1.500,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	50,00	500,00	600,00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	100,00	200,00	400,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	2,00	2,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00	20,00	20,00
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Hidrocarburos</b>				
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L		10,00	10,00
<b>Compuestos de Fósforo</b>				





Resolución No. 0631 del 17 MAR 2015

Hoja No. 9

"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"

PARÁMETRO	UNIDADES	PROCESOS POSTCOSECHA DE PLÁTANO Y BANANO	PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y DERIVADOS A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR	EXTRACCIÓN DE ACEITES DE ORIGEN VEGETAL
Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>				
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Iones</b>				
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/L		600,00	500,00
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L		500,00	500,00
<b>Metales y Metaloides</b>				
Arsénico (As)	mg/L		0,50	0,50
Cadmio (Cd)	mg/L		0,05	0,05
Cinc (Zn)	mg/L			
Cobre (Cu)	mg/L			
Cromo (Cr)	mg/L			
Mercurio (Hg)	mg/L			
Níquel (Ni)	mg/L		0,50	0,50
Plomo (Pb)	mg/L		0,20	0,20
<b>Otros Parámetros para Análisis y Reporte</b>				
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m <sup>-1</sup>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

### GANADERÍA

PARÁMETRO	UNIDADES	GANADERÍA DE BOVINO, BUFALINO, EQUINO, OVINO Y/O CAPRINO	GANADERÍA DE BOVINO, BUFALINO, EQUINO, OVINO Y/O CAPRINO	GANADERÍA DE PORCINOS	GANADERÍA DE PORCINOS
		CRÍA	BENEFICIO	CRÍA	BENEFICIO
<b>Generales</b>					
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	500,00	900,00	900,00	800,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	250,00	450,00	450,00	450,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150,00	200,00	400,00	200,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	m/L	5,00	5,00	5,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	50,00	20,00	30,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Fósforo</b>					
Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>					
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Iones</b>					
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/L		500,00		500,00
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L		500,00		500,00
<b>Otros Parámetros para Análisis y Reporte</b>					
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte



Resolución No. 0631

del 17 MAR 2015

Hoja No. 10

**"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"**

PARAMETRO	UNIDADES	GANADERÍA DE BOVINO, BUFALINO, EQUINO, OVINO Y/O CAPRINO	GANADERÍA DE BOVINO, BUFALINO, EQUINO, OVINO Y/O CAPRINO	GANADERÍA DE PORCINOS	GANADERÍA DE PORCINOS
		CRÍA	BENEFICIO	CRÍA	BENEFICIO
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m <sup>-1</sup>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

PARAMETRO	UNIDADES	GANADERÍA DE BOVINOS Y PORCINOS	GANADERÍA DE AVES DE CORRAL	GANADERÍA DE AVES DE CORRAL
		BENEFICIO DUAL (BOVINOS Y PORCINOS)	INCUBACIÓN Y CRÍA	BENEFICIO
<b>Generales</b>				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	800,00	400,00	650,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	450,00	200,00	300,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	225,00	200,00	100,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	5,00	2,00
Grasas y Aceites	mg/L	30,00	20,00	40,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Fósforo</b>				
Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Compuestos de Nitrógeno</b>				
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitrógeno Amónico (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
<b>Iones</b>				
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	600,00	250,00	250,00
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	500,00	250,00	250,00
<b>Otros Parámetros para Análisis y Reporte</b>				
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m <sup>-1</sup>	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

### SECTOR: ACTIVIDADES DE MINERÍA

**ARTÍCULO 10. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades de minería.** Los parámetros fisicoquímicos que se deberán monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de las actividades de minería, serán los siguientes:

#### MINERÍA

PARAMETRO	UNIDADES	EXTRACCIÓN DE CARBÓN DE PIEDRA Y LIGNITO	EXTRACCIÓN DE MINERALES DE HIERRO	EXTRACCIÓN DE ORO Y OTROS METALES PRECIOSOS
<b>Generales</b>				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	150,00	150,00	150,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	50,00	50,00	50,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50,00	50,00	50,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	2,00	2,00	2,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00	10,00	10,00
Fenoles	mg/L	0,20	0,20	0,20