



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Reducción de DQO y DBO<sub>5</sub> por Fotocatálisis Heterogénea con TiO<sub>2</sub>  
Y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de las Aguas Residuales del Camal Municipal de la  
Provincia de Chupaca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

Rau Leiva, Mariyen Aracelly (ORCID: 0000-0003-3479-2475)

Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena (ORCID: 0000-0002-4883-0068)

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

El presente trabajo se lo dedico con mucho cariño a Dios por ser la luz que ha guiado mi camino y por todas las bendiciones. A mis padres Juan Manuel Suazo Cochachi y Rosa Elena Cerrón Patiño por ser mi Pilar fundamental y por su apoyo incondicional que he tenido a lo largo de toda mi vida. El esfuerzo, la dedicación, los buenos valores y el amor con la que he sido formada son el reflejo de la buena educación que he tenido en esta hermosa familia. Gracias a ellos he concluido con mi mayor meta. Así mismo a mis hermanos por todo su amor brindado. Y por último a mi hija Luciana y mi novio quienes son las personas que iluminan mis días ya que siempre están a mi lado brindarme amor y ternura cada día.

**Suazo, Jhoselyn**

### **Dedicatoria**

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a DIOS que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa. Con mucho cariño principalmente a mis padres Efrain Rau Huamán y Yovana Leiva Poma que me dieron la vida han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos, valores y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio han estado conmigo en todo momento y por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón en que estén conmigo a mi lado. A mis hermanas gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero mucho. A mis abuelitos que desde el cielo me iluminan para seguir adelante en mis proyectos. A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

**Rau, Mariyen**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de nuestras vidas, por ser nuestro apoyo y nuestra luz en todo momento. Por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por hacernos coincidir en esta vida y crear esta hermosa amistad.

A nuestros padres por apoyarnos en todo momento de nuestras vidas, por los valores inculcado, y por habernos dado la oportunidad de estudiar esta carrera. Sobre todo, por promover la unión familiar en casa.

A nuestros hermanos por ser parte importante en nuestras vidas, por llenarnos de amor y alegrías.

Expresamos nuestro agradecimiento a nuestro tutor de tesis, Dr. Juan Ordoñez, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo de investigación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para poder culminar la tesis.

Gracias Ing. Henry Ochoa por su orientación y atención a mis consultas sobre metodología y por todo el apoyo y facilidades que nos fueron otorgadas para la realización de la tesis y sus valiosas sugerencias en momentos de duda. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A todos, muchas gracias.

## Índice de Contenidos

Carátula	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice de Contenidos	
Índice de tablas	
Índice de gráficos y figuras	
Resumen	
Abstract	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	18
3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación	18
3.2. Variables y Operacionalización	18
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimiento	19
3.6. Método de análisis de datos	28
3.7. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN	46
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS	55
Anexo N° 1. DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LAS AUTORAS	55
Anexo N° 2. Declaración de originalidad del asesor	56
Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables	58
Anexo N° 4. Instrumentos	61

INSTRUMENTOS	61
Anexo N° 5. Validación de instrumentos	65
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	73
Anexo N° 6. Reportes de análisis de laboratorio	77

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Variables de investigación	18
<b>Tabla 2.</b> Fichas de recolección de datos	19
<b>Tabla 3:</b> Resultados de la concentración de DBO <sub>5</sub> de las réplicas I, II y III	30
<b>Tabla 4:</b> Resultados de la concentración de DQO de las réplicas I, II y III	30
<b>Tabla 5:</b> Resultados de las concentraciones de DBO <sub>5</sub> y DQO a la cantidad de 1 g	31
<b>Tabla 6:</b> Resultados de las concentraciones de DBO <sub>5</sub> y DQO promedio de las réplicas I, II y III	32
<b>Tabla 7.</b> Resumen del diseño	37
<b>Tabla 8.</b> Información del factor DBO <sub>5</sub>	37
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza DBO <sub>5</sub>	37
<b>Tabla 10.</b> Resumen del modelo para el DBO <sub>5</sub>	38
<b>Tabla 11.</b> Información del factor para DQO	41
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza DQO	41
<b>Tabla 13.</b> Resumen del modelo DQO	42

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1.</b> Pasos de la parte experimental	19
<b>Figura 2:</b> Ubicación del Camal Municipal de Chupaca	20
<b>Figura 3:</b> Camal Municipal de Chupaca	21
<b>Figura 4:</b> Punto de la toma de muestra	21
<b>Figura 5:</b> Toma de muestras del camal	22
<b>Figura 6:</b> Transporte de la muestra	22
<b>Figura 7:</b> Filtrado del agua residual del camal	23
<b>Figura 8:</b> Toma de muestras del agua residual	23
<b>Figura 9:</b> Utilización de la balanza analítica	24
<b>Figura 10:</b> Peso del catalizador ( $\text{TiO}_2$ )	24
<b>Figura 11:</b> Medición del ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )	25
<b>Figura 12:</b> Agregando $\text{H}_2\text{O}_2$	26
<b>Figura 13:</b> Utilizando el agitador magnético a 400 RPM	26
<b>Figura 14:</b> Agregando el óxido de titanio	27
<b>Figura 15:</b> Radiación de UV a las muestras	27
<b>Figura 16:</b> Muestras sedimentadas	28
<b>Figura 17:</b> Concentración de $\text{DBO}_5$ – Réplica I	32
<b>Figura 18:</b> Porcentaje de disminución de $\text{DBO}_5$ – Réplica I	33
<b>Figura 19:</b> Porcentaje de disminución de $\text{DBO}_5$ – Réplica II	33
<b>Figura 20:</b> Porcentaje de disminución de $\text{DBO}_5$ – Réplica III	34
<b>Figura 21:</b> Porcentaje de disminución de DQO – Réplica I	34
<b>Figura 22:</b> Porcentaje de disminución de DQO – Réplica II	35
<b>Figura 23:</b> Porcentaje de disminución de DQO – Réplica III	35
<b>Figura 24:</b> Concentración de $\text{DBO}_5$ promedio	36
<b>Figura 25:</b> Concentración de DQO promedio	36
<b>Figura 26:</b> Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para el $\text{DBO}_5$	38
<b>Figura 27:</b> Gráfica de la probabilidad normal en la disminución del porcentaje de $\text{DBO}_5$	39
<b>Figura 28:</b> Gráfica de interacción para $\text{DBO}_5$	39
<b>Figura 29:</b> Gráfica de efectos principales para el porcentaje disminución de $\text{DBO}_5$	40

<b>Figura 30:</b> Gráfica de contorno para el porcentaje de disminución de $DBO_5$	41
<b>Figura 31:</b> Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para el DQO	42
<b>Figura 32:</b> Gráfica de la probabilidad normal en la disminución de porcentaje de DQO	43
<b>Figura 33:</b> Gráfica de interacción para DQO	43
<b>Figura 34:</b> Gráfica de efectos principales para el porcentaje de disminución de DQO	44
<b>Figura 35:</b> Gráfica de contorno para el porcentaje de disminución de DQO	44



## Resumen

En el presente trabajo se investigó la reducción de DQO y DBO<sub>5</sub> por fotocátalisis heterogénea con TiO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para el tratamiento de las aguas del camal municipal de la provincia de Chupaca.

La fotocátalisis con TiO<sub>2</sub> puede causar una rápida y completa degradación de casi todos los compuestos orgánicos ricos en electrones; por lo cual se estudió el efecto de la variación de tiempo de retención hidráulica y de la cantidad de TiO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub>.

En cumplimiento del primer objetivo se realizó la caracterización fisicoquímica de las muestras de aguas residuales tomadas del camal municipal de Chupaca; posteriormente y de acuerdo al procedimiento metodológico se llevó la muestra al laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú en donde se prepararon las muestras con el catalizador y fueron sometidas a una irradiación UV; durante el desarrollo de las pruebas experimentales, se utilizó un tiempo de retención de 30 y 45 minutos y una cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 y 2 g; observándose que a una cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g el porcentaje de disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> alcanzó valores de 87,40 % y 89,39 % respectivamente, pero a un valor más alto de cantidad de TiO<sub>2</sub> el porcentaje de disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> decayó; en relación al tiempo se observó que se obtuvo los mismo porcentajes de disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> cuando se utilizó 1 g de TiO<sub>2</sub> a un tiempo de 45 minutos. Entonces se concluyó que los resultados óptimos se alcanzaron a una cantidad de 1 g de TiO<sub>2</sub> y en un tiempo de 45 minutos.

Palabras clave: Fotocatálisis heterogénea, aguas residuales, desinfección, calidad del agua.

## **Abstract**

In the present work we investigated the reduction of COD and BOD<sub>5</sub> by heterogeneous photocatalysis with TiO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for the treatment of the waters of the municipal canal of the Chupaca province.

Photocatalysis with TiO<sub>2</sub> can cause a rapid and complete degradation of almost all organic compounds rich in electrons; Therefore, the effects of the hydraulic retention time variation and the dosage of TiO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in the reduction of COD and BOD<sub>5</sub> were studied.

In compliance with the first objective, the physicochemical characterization of the wastewater samples taken from the Chupaca municipal waterway was carried out; Subsequently, and according to the methodological procedure, the sample was taken to the laboratory of the National University of the Center of Peru where the samples were prepared with the catalyst and were subjected to a UV irradiation; During the development of the experimental tests, a retention time of 30 and 45 minutes and a dose of TiO<sub>2</sub> of 1 and 2 g were used; It was observed that at a dose of TiO<sub>2</sub> of 1 g, the percentage of decrease in COD and BOD<sub>5</sub> reached values of 87,40 % and 89,39 % respectively, but at a higher dose of TiO<sub>2</sub>, the percentage of decrease in COD and BOD<sub>5</sub> decreased; in relation to time, it was observed that the same percentages of reduction of COD and BOD<sub>5</sub> were obtained when 1 g of TiO<sub>2</sub> was used at a time of 45 minutes. It was then concluded that the optimal results were reached at a dose of 1 g of TiO<sub>2</sub> and in a time of 45 minutes.

**Keywords:** Heterogeneous photocatalysis, wastewater, disinfection, water quality.

## I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales del matadero contienen altas concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (151,000–200,000 mg/L), (DQO) (385,000 mg/L), nitrógeno, virus patógenos y no patógenos, bacterias y huevos de parásitos (Haan, Steinfeld y Blackburn 2007). Estas características hacen que las aguas residuales del matadero sean muy contaminadas y específicas. Por ello, las aguas residuales del matadero deben someterse a un tratamiento, antes de su vertimiento en las aguas receptoras para reducir o eliminar sus efectos críticos sobre el ecosistema y la salud humana (Fang 2008).

Los procesos aeróbicos son métodos garantizados para el tratamiento de aguas de matadero, no obstante, aún presentan ciertos problemas críticos como las altas concentraciones de DQO, DBO<sub>5</sub>, nitrógeno total (TN) y patógenos en el efluente tratado. Por lo tanto, es indispensable la aplicación de una nueva tecnología combinada para poder tratar las aguas residuales del matadero antes de ser descargada a algún cuerpo superficial de agua receptora. El proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, es un tipo de proceso de oxidación más avanzados (AOP), es un método que presenta gran eficacia en el tratamiento de aguas residuales (Mohajerani y Mehrvar 2009). Las ventajas del proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> comprenden un rango amplio de aplicabilidad, acrecentando la degradación de contaminantes, acelerando la oxidación, considerables potenciales en la desinfección y la mineralización de contaminantes en aguas residuales (Aye y Mehrvar 2004). Las aplicaciones exitosas de fotocátalisis con UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pueden ser hallados en diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales como por ejemplo el tinte textil (reactivo y amarillo 2) aguas residuales con una concentración óptima de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 15 mM (Aye y Mehrvar 2004).

Por ello en este trabajo de investigación se aplicará la fotocátalisis heterogénea con TiO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> evaluando la reducción de DQO y DBO<sub>5</sub> para el tratamiento de las aguas del camal municipal de la provincia de Chupaca.

Hoy en día, los camales y mataderos representan aquellos lugares donde diversos animales son torturados y sacrificados para la generación de productos alimenticios para la población. Al hablar de camal y matadero se debería tener

en cuenta una gran diferencia entre ellas, ya que, a diferencia de los mataderos, los camales deberían de ser lugares supervisados constantemente por las respectivas autoridades para que estas cumplan la normativa establecida para este sector y así no generar mucha contaminación tanto a sus productos como al medio ambiente. Estos estándares de calidad son cumplidos cabalmente en ciertos países desarrollados, tanto para el caso de camales como mataderos. Sin embargo, en nuestro país estos estándares no son cumplidos ni aplicados a los camales y mucho menos a los mataderos, siendo tema omiso para los municipios y autoridades de la salud pública (Zuñiga 2014).

La situación que se observa en la actualidad es que los camales y los mataderos son instalaciones precarias, las cuales no cuentan con medidas adecuadas para la reducción de contaminantes tanto para sus productos como para el medio natural y las personas que consumen las carnes producidas por estos establecimientos que son de baja calidad con presencia de vectores microbiológicos que afectan a los consumidores, este efecto es notable debido a las múltiples enfermedades en los humanos producto de las prácticas insalubres en las operaciones de los camales y mataderos (Zuñiga 2014).

La producción de las carnes que se dan en los camales y mataderos, generan elevados volúmenes de desechos tanto líquidos, sólidos y gaseosos que son evacuados al medio natural sin ningún tratamiento previo, esto provoca la alteración y toxicidad de los recursos naturales que entran en contacto con estos contaminantes. Uno de los recursos contaminados de mayor interés es el agua, dado que, al entrar en contacto con las aguas residuales de los camales y mataderos, se altera su composición original, además que tienden a ser acumulativos y pueden ser arrastrados por la misma corriente hacia otras fuentes de agua superficial y subterránea.

Tratar los residuos líquidos puede resultar muy complicado dada la presencia de innumerables componentes químicos en diversas concentraciones, pero gracias a trabajos de investigación realizados sobre las consecuencias de algunos contaminantes se hace factible la recuperación de estas aguas residuales a través de la aplicación de novedosas tecnologías según las características que presentan.

En el Perú, existe una mínima proporción de mercado formalizado que pagan impuestos (restaurantes, carnicerías, autoservicios, etc.); sin embargo, existe otro sector que representa la mayor proporción de mercado que es informal, esto genera un retraso estructural en la producción ganadera. Se conoce que en el país lotes de ganados son asesinados en condiciones deficientes y es por ello que la carne producida demora en ser vendida. Actualmente en el país, se tienen 150 mataderos de ganado vacuno y porcino registrados ante las autoridades sanitarias, de ellas sólo 30 aplican técnicas adecuadas para tratar sus residuos tanto comestibles como no comestibles (Gonzales, Patricio 2014). Los otros 120 establecimientos, tratan una porción de sus residuos y la otra parte es comercializada con las llamadas Plantas Procesadoras de Subproductos quienes transforman industrialmente estos residuos (Clair et al. 2013).

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se plantea el siguiente **problema general**: ¿Cuánto será la disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> mediante la Fotocatálisis Heterogénea en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca? También se plantean las siguientes **interrogantes específicas**: ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas que contienen las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?, ¿Cuál será el efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?, ¿Cómo influye la cantidad de TiO<sub>2</sub> y en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca? y ¿Cuál será la relación del tiempo retención y la cantidad de TiO<sub>2</sub> en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?.

Este proyecto de investigación es importante para poder determinar las variables que influyen sobre los niveles de contaminación, los riesgos que puede significar para la salud, buscando disminuir la contaminación y los impactos causados en los recursos hídricos por los mataderos que generan alta carga orgánica, en los últimos tiempos se ha investigado nuevos procesos de oxidación avanzada que sirven como una tecnología viable y nueva para tratar los efluentes líquidos de empresas, la DQO y DBO<sub>5</sub> son los que se reducen debido al oxígeno

por la oxidación de las reacciones en el tratamiento. Existen tratamientos innovadores, para la remoción de contaminantes recalcitrantes, no biodegradables y tóxicos. Uno de ellos es el método de fotocátalisis heterogénea con  $\text{TiO}_2$ , en dicho método se emplea la luz solar

A través de esta investigación, buscamos encontrar soluciones viables que puedan restaurar las propiedades físicas y químicas de las aguas residuales vertidas en ciertos cuerpos de agua superficiales sin afectar la naturaleza. La investigación constituye un avance importante sobre el tema que genera contaminación que causa EL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE CHUPACA, aplicando el método de fotocátalisis heterogénea se garantizara la calidad del agua. Así también se tendrá un beneficio colectivo para la región ya que se dispondrá de un agua de mejor calidad, que podría ser reutilizada para el uso de riego y mejorando la calidad de vida para generaciones futuras.

El estudio sirvió para el análisis de los riesgos de la contaminación y la elaboración de planes o propuestas que permitan minimizar los riesgos medioambientes y la salud de la población, debido a los efluentes de los mataderos que son utilizados para el regadío de plantaciones y bebida de los animales.

En base a ello, el **objetivo general** de la investigación es determinar la disminución de DQO y  $\text{DBO}_5$  mediante la Fotocatálisis Heterogénea en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca. Asimismo, los **objetivos específicos** son: caracterizar fisicoquímicamente las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca, determinar el efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica en la disminución del DQO y  $\text{DBO}_5$  mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca, determinar el efecto de la cantidad de  $\text{TiO}_2$  en la disminución del DQO y  $\text{DBO}_5$  mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca y relacionar el tiempo de retención y la cantidad de  $\text{TiO}_2$  en la disminución del DQO y  $\text{DBO}_5$  mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.

La **hipótesis general** de la investigación es: la Fotocatálisis Heterogénea influye significativamente en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca. Asimismo, las **hipótesis específicas** son: Las características fisicoquímicas de las aguas sobrepasan los valores de los límites máximos permisibles de los diversos parámetros de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca, el efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica influye significativamente en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca, el efecto de la cantidad de TiO<sub>2</sub> influye significativamente en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca y la relación del tiempo de retención y la cantidad de TiO<sub>2</sub> son directamente proporcional a la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Gonzales, Morel (2014) alcanzó un 49 % de remoción de DBO en el matadero gracias a la pérdida de sangre situada en el desagüe y también a la extracción del cuero, asimismo disminuye las descargas de los SST. También se demostró que la reducción de DBO en un 90 % viene influenciado por la recolección en seco de las panzas, así como también mejora el tratamiento previo de los efluentes residuales.

De acuerdo a Arroyave y Gutierrez (2008), trataron aguas residuales de resinas fenolicas, donde realizaron ensayos preliminares en fotocátalisis variando: tiempo de reinyección de peróxido de hidrógeno, pH, cantidad de  $H_2O_2$ , tiempo de residencia. Para la fotocátalisis heterogénea se modificó la dosis de  $TiO_2$  y para el foto-fenton la dosis de sulfato ferroso penta hidratado. Luego de cuatro días de seguimiento para el agua residual con 1648,06 ppm de fenol, DQO de 36271,69 ppm y  $DBO_5$  de 2378,82 ppm, obtuvieron 100 %, 99,53 % y 89,86 % de degradación de fenol, DQO y  $DBO_5$  respectivamente.

De acuerdo a Rodrigues (2007) investigó el tratamiento combinado de efluentes post-blanqueo de una industria de celulosa y papel. El efluente se sometió al tratamiento de coagulación-floculación aplicando  $FeCl_3$  como coagulante y quitosano como auxiliar. En secuencia, la fase soluble acuosa obtenida del primer tratamiento se sometió a un sistema UV/ $TiO_2/H_2O_2$  utilizando lámparas de mercurio. Se eligieron las condiciones experimentales de coagulación optimizadas: pH 6, 80  $mg L^{-1}$  de  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  y 50  $mg L^{-1}$  de quitosano. Las condiciones optimizadas de fotocátalisis fueron: pH 3 en 0.50  $g L^{-1}$  de  $TiO_2$  y 10  $mmol L^{-1}$  de  $H_2O_2$ . Los valores de DQO para la muestra in natura fueron de 1303  $mg L^{-1}$  y luego de las condiciones optimizadas de coagulación sin quitosano y en presencia de quitosano fueron 545 y 516  $mg L^{-1}$ , respectivamente. Además, se observó una reducción de absorbancia del 90% a la longitud de onda de 500 nm y del 70 % - 80 % en las regiones correspondientes a los grupos alifáticos y aromáticos (254 nm, 280 nm y 310 nm). Los resultados de DQO de las muestras fotolizadas por UV/ $H_2O_2$  fueron 344  $mg L^{-1}$ , UV/ $TiO_2$  326  $mg L^{-1}$  y UV/ $TiO_2/H_2O_2$  246  $mg L^{-1}$ .



Según Chen y Ray (1998) Se diseñó un nuevo reactor de tipo monolítico de flujo en remolino de dos fases para estudiar la cinética de procesos fotocatalíticos heterogéneos en catalizadores semiconductores. La mayor parte del trabajo anterior investigó los efectos de varios parámetros sobre la tasa de degradación inicial (o la formación de  $\text{CO}_2$ ) de los contaminantes. En el presente estudio, se ha investigado la fotomineralización de 4-nitrofenol (4-NP) sensibilizado por Degussa P25  $\text{TiO}_2$  en solución acuosa en función de los siguientes parámetros experimentales diferentes: concentración inicial de contaminante ( $C_{s0}$ ), intensidad de luz ( $I_a$ ), presión parcial de oxígeno ( $p_{\text{O}_2}$ ), concentración de catalizador, pH, ion cloruro y temperatura. La ecuación cinética puede predecir la concentración de 4-NP durante todo el proceso de degradación a un valor de pH de 4,3 y una concentración de  $\text{TiO}_2$  de  $2 \text{ g L}^{-1}$  y, por lo tanto, es más significativa. Se puede utilizar en el desarrollo de reactores fotocatalíticos a gran escala y en la optimización de condiciones experimentales para cualquier estudio en particular. Además, se comparó la fotodegradación de 4-NP en dos catalizadores diferentes (P25 y UV100) y también se investigó la eficiencia fotónica del proceso.

Según Gonzales, Patricio (2014) estudio las aguas de matadero y como tratarlas, donde utilizaron la flotación por aire disuelto (FAD), dicho tratamiento también sirve para la división de aceites, grasas y sangre coloidal, donde el tratamiento demostró ser un proceso de mayor eficiencia. Durante la etapa experimental la temperatura de agua vario de  $20^\circ\text{C}$  a  $22^\circ\text{C}$ , donde las características del efluente fueron: DBO ( $9300 \text{ mg/L}$ ), DQO ( $4700 \text{ mg/L}$ ), pH (7,2), grasas y aceites ( $28 \text{ mg/L}$ ). la mayor eficiencia de remoción en los efluentes del matadero fue un 80 % de reducción en  $\text{DBO}_5$ , 75% en DQO y grasas y aceites en 95%.

De acuerdo a Kumar, Kumar y Bhardwaj (2011) la oxidación fotocatalítica avanzada del efluente de la industria de la pulpa y el papel (clarificado primario y biotratado) ha sido estudiada con procesos de tratamiento UV/ $\text{TiO}_2$  y UV/ $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$  para la reducción de la carga ambiental. Los experimentos de fotooxidación se realizan bajo radiación UV en un reactor de tipo suspensión con condiciones de tratamiento optimizadas, es decir, pH 7,  $0,5 \text{ g/L}$  de  $\text{TiO}_2$  y  $15 \text{ mM/L}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  durante 4 horas. La relación DBO/DQO (demanda química de

oxígeno) de los efluentes es baja, es decir, 0,25 y 0,12 para los efluentes primarios clarificados y biotratados, respectivamente, lo que indica que están presentes compuestos orgánicos biorrefractarios. La adición de peróxido de hidrógeno al sistema UV/TiO<sub>2</sub> mejora el rendimiento del fotoproceso. El tratamiento por 4 horas con UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> elimina la carga orgánica del efluente clarificado primario en un 57,9% en DQO, 42,9 % en DBO y 89,2 % en color y del efluente biotratado en 74,8 % en DQO, 52,7 % en DBO y 95,4 % en color, que es más alto en comparación con el proceso UV / TiO<sub>2</sub>. Se obtiene una mayor reducción de DQO, DBO y color para el efluente biotratado en comparación con el clarificado primario. La relación DBO/DQO de los efluentes mejoró después de la oxidación fotocatalítica, es decir, 0,09 y 0,11 puntos para el efluente biotratado y 0,06 y 0,09 puntos para el efluente clarificado primario con procesos de tratamiento UV/TiO<sub>2</sub> y UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente.

De acuerdo a Jaramillo y Taborda (2013) una de las problemáticas con más influencia en los mataderos es la sangre debido a que tiene un DQO total de aproximadamente 375,000 mg/L, por ello debe ser tratada antes de ser vertida a un ambiente acuático de la naturaleza para evitar consecuencias negativas.

Según Quintero, Rincon y Rivera (2007) estudiaron la posibilidad de hacer uso de procesos avanzados de oxidación como: fotocátalisis homogénea y heterogénea para las aguas residuales. Analizaron las interacciones de pH, concentración de catalizador (TiO<sub>2</sub>) y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Donde obtuvieron parámetros óptimos: fotocátalisis heterogénea pH 3, TiO<sub>2</sub> de 0,286 g/L y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 1,204 g/L con un porcentaje de decoloración de 97, 88 %. fotocátalisis homogénea pH 3, Fe de 0,03 g/L y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 3 g/L con un porcentaje de decoloración de 99, 65 %.

Según Wiszniowski (2006) las aguas de mataderos son lixiviados problemáticos debido a su concentración variable, el cambio de volumen en el tiempo y la presencia de componentes refractarios y peligrosos. En este trabajo se presentan los resultados de un nuevo enfoque de fotocátalisis asistido por proceso biológico para la desintoxicación de lixiviados de vertedero estabilizados. El lixiviado pretratado biológicamente todavía contenía una cantidad significativa de DQO y COT no biodegradables que ascendían a 500 y

200 mg/L, respectivamente. Los 300 min de tratamiento fotocatalítico (UVC/TiO<sub>2</sub>) provocaron una disminución significativa de más del 80 % de orgánicos refractarios remanentes en el lixiviado. Se discutió el efecto del pH y la carga de catalizador sobre la mineralización, la tasa de eliminación del color y la mejora de la biodegradabilidad (DBO/DQO) en el fotorreactor. La bioaccesibilidad de los intermedios de oxidación fotocatalítica formados se confirmó mediante mediciones de la tasa de absorción de oxígeno (OUR). En consecuencia, una parte de la DQO se eliminó con éxito en el tratamiento posbiológico.

Poulopoulos y Arvanitakis(2016) evaluaron los procesos Fenton con relaciones  $\left(\frac{H_2O_2}{Fe^{+2}} = \frac{1}{12}\right)$  en los procesos de lixiviados biorecalcitrantes, con las cuales pudo incrementar la biodegradabilidad hasta 0,5 en dos horas. Por otro lado, (Gruttadauria y Liotta, 2013), trato residuos urbanos e industriales con la radiación ultravioleta, logrando remociones máximas del 60% y alcanzando biodegradabilidad entre 0.15 – 0.16 de DBO/DQO.

Según Tanaka, Padermpole y Hisanaga (2000) Se degradaron fotocatalíticamente siete colorantes azoicos en suspensión de TiO<sub>2</sub>. Sus tasas de degradación se compararon con las tasas de desaparición y eliminación de carbono orgánico total (COT). Se demostró que el tinte diazo es menos degradable que el monoazo y el orden de las tasas de degradación fotocatalítico concordaba aproximadamente con el de las tasas de ozonización citadas en la literatura. Los principales intermedios identificados son aminas aromáticas, compuestos fenólicos y varios ácidos orgánicos. A partir de este estudio se indicó que en la degradación fotocatalítica del colorante azoico, la desaparición se produce tanto por oxidación como por reducción, mientras que el COT se elimina predominantemente por oxidación.

Según Ardila, Reyes y Arriola (2012) evaluaron la efectividad de la fotocatalisis heterogénea utilizando TiO<sub>2</sub> en la eliminación de la materia orgánica que se encuentra en la industria farmacéutica. Obtuvieron resultados con la variables que manejaron: pH concentración de TiO<sub>2</sub> y cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, las cuales tienen un efecto en la remoción de materia orgánica. La mayor cantidad de remoción de DQO 70,4 %, DBO<sub>5</sub> 96,7 % y COT 81,4% se obtuvieron con 340 mg/L de TiO<sub>2</sub>, pH de 7 y 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, despues de 5 horas.

El proceso de fotocatalisis está orientado a la entrega de carga a partir de la interfaz entre la solución contaminada y un semiconductor, como menciona Jaramillo y Taborda (2013) se produce una redistribución producto a la interfaz de los dos componentes y esto se extiende en ambos lados. La fotocatalisis requiere un semiconductor, donde la conductividad sufra un incremento con respecto a la temperatura. La formación del par electron-hueco es el fenómeno principal que se produce en la fotocatalisis, ya que mediante dicho modelo se analiza la adsorción de la repartición de diferentes estados electrónicos y fotones.

Según Zamora (2013) se evidenció la presencia de sangre de camales y mataderos con gran diversidad de cepas microbianas de los géneros Pseudomonas, Stafilococcus, Clostridium, Escherichia, algunas especies de hongos patógenos para los seres humanos, con recuentos no menores de 100 ufc/MI.

De acuerdo con Romero (2014) el agua residual se refiere al contenido de sustancias o compuestos después del uso asignado al agua natural limpia. Los compuestos que se encuentran con mayor frecuencia vienen a ser residuos alimenticios, aceites, jabones, microorganismos, combustibles y algunos elementos químicos. En los hogares, los contaminantes provienen principalmente de lavaderos y sanitarios. Algunos compuestos que se encuentran en la atmósfera, como es el caso del dióxido de carbono, también pueden dañar el recurso hídrico al descender a las aguas mediante las lluvias. Estas aguas presentan una característica composición fisicoquímica y biológica, habiendo siempre una relación entre los parámetros que se miden y estas características del agua residual. Una de las propiedades que más influencia tiene sobre los gases presentes en el agua residual como en la actividad biológica, es la temperatura. Hoy en día existen diversos métodos para el análisis cuantitativo de estas aguas, de tal manera que se identifican los compuestos químicos, también existen métodos cualitativos para la determinación de características físicas y componentes biológicos de las aguas residuales. Entre las características físicas presentes en las aguas residuales se encuentran el olor, solidos totales, turbidez, entre otros, mientras que las propiedades químicas se componen por la materia orgánica e inorgánica y los gases disueltos, por

último, los componentes biológicos comprenden microorganismos como coliformes y E. coli.

Las aguas residuales domésticas según RAS 200 (2013), son aquellas que presentan en su composición restos de alimentos y residuos de actividades biológicas humanas en general, etc., además de las aguas subterráneas. Este tipo de agua residual generalmente provienen de sectores residenciales en la que no se encuentran fábricas industriales.

Las aguas residuales sanitarias según RAS 200 (2013), presentan similitud con las aguas residuales domésticas en función de sus características, sólo que en este tipo se tiene también los residuos industriales de las comunidades.

Las aguas residuales industriales según RAS 200 (2013), son Aquellas aguas conformadas por residuos líquidos derivados de diversas actividades industriales. Y las aguas residuales de camales son aguas que presenta en su composición grasas, huesos triturados, vellos, sangre, excretas, entre otros compuestos solubles.

De acuerdo con Romero (2014), las aguas residuales de camales están compuestas por diversas descargas efectuadas antes o después de cada proceso productivo, como por ejemplo los tratamientos previos que se realizan a los vertidos en cada actividad que se realiza. De tal modo, que estos efluentes contengan elevadas cantidades de materia orgánica y nitrógeno; un aproximado promedio entre DQO: DBO<sub>5</sub>: N es de 12:4:1.

Los componentes de las aguas residuales del camal de acuerdo con Romero (2014) presentan una composición elevada de sustancias como sangre, huesos triturados, vellos de animales (cerdos, vacas) y residuos de cuero. Los parámetros que se deben evaluar en estas aguas son principalmente: aceites y grasas, sólidos suspendidos y sedimentables, pH, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales, color, olor, entre otros.

La fotocatalisis según Gómez (2015) viene a ser un proceso químico en el cual mediante catalizadores se encargan de apresurar las reacciones químicas. Uno de los catalizadores más aplicados es el óxido de titanio. Para que pueda efectuarse este proceso es necesaria la presencia de la luz para conseguir que

se formen elementos oxidativos con la capacidad de disminuir la materia orgánica de las aguas contaminadas. Este proceso al ser analizado profundamente tiene semejanza a un proceso natural que es conocido como fotosíntesis, en donde se transforman sustancias para el aprovechamiento de las plantas. Esto mismo ocurre en la fotocatalisis, ya que, con el aprovechamiento de la luz (artificial o solar), se produce la oxidación de materiales orgánicos reduciendo la carga contaminante de las aguas contaminadas.

La reacción se da inicia al contacto entre el dióxido de titanio con la luz y el oxígeno presente en el aire y a continuación se produce la degradación de elementos orgánicos e inorgánicos que se encuentran en el ambiente. En la atmosfera, los compuestos que generan mayor contaminación son el material particulado (PM10), los compuestos orgánico volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (NOx) (Gómez 2015).

En el proceso fotocatalítico como menciona Malato (2013), los compuestos contaminantes se transforman en sulfatos, carbonatos y nitratos. De esa manera se produce una reducción de los compuestos contaminantes producidos mayormente por las industrias, calefactores domésticos, parque automotor, entre otros. La eficiencia de la reacción producida por el proceso catalítico aumenta directamente proporcional a la radiación solar UV, siendo el rango entre 300 nm y 400 nm, esta eficiencia se puede lograr también con el uso de lámparas que proporcionen de rayos UV al sistema.

Según Malato (2013) los procesos de oxidación avanzada son denominados AOP (Advanced oxidation process) por sus siglas en inglés, a aquellos tratamientos terciarios que tienen como finalidad producir elementos con elevados niveles oxidativos.

Los radicales que presentan elevados niveles de oxidación en los AOP son los hidroxilos (OH) como menciona Rianza (2016), Tienen un potencial de oxidación de 2.8 V, y debido a esta capacidad, pueden oxidar ciertos elementos y compuestos orgánicos mediante extracción de hidrógeno (como se muestra en la Ecuación (1) o mediante la adición electrofílica de doble enlace para generar radicales libres orgánicos (R). En este segundo proceso se generan moléculas de oxígeno que forman los llamados peroxiradicales producto de un conjunto de

reacciones de degeneración oxidativa iniciadas por la mineralización de los contaminantes. De la misma manera los anillos aromáticos pueden ser atacados por radicales hidroxilos en ubicaciones halogenadas.



Las ventajas que presenta la aplicación de los AOPs son: según Riaza (2016) Capacidad para endurecer materiales orgánicos, también para oxidar sustancias inorgánicas para transformarlos en CO<sub>2</sub>, nitratos, cloruros, entre otros y Evita la presencia de productos secundarios contaminantes que derivan de sustancias existentes en las aguas de desecho, en comparación con otros métodos que si tienden a generar. Estos procesos también son relevantes porque su aplicación depende de la cantidad orgánica que presenten las aguas, que usualmente es conocido como Demanda Química de Oxígeno (DQO). Para aplicar este método, es necesario que haya una cierta cantidad de materia orgánica en las aguas residuales porque consumen mucha energía y reactivos químicos. Las aguas que presenten concentraciones de DQO superiores, deben de ser tratadas con técnicas diferentes como, por ejemplo, la técnica de incineración u oxidación húmeda.

Malato (2013) define los procesos foto-catalíticos basados en la luz solar como los que hacen uso de la energía solar, que resultan ser más eficientes que el uso de las lámparas de energía, en este método podemos encontrar la fotocatalisis tanto de tipo homogéneo (Proceso Foto-Fenton), como del tipo heterogéneo (TiO<sub>2</sub>). El uso del método foto-catalítico solar, es en la actualidad, uno de tratamientos más eficientes para purificar las aguas que se encuentran contaminadas, dado que se aprovecha la energía del sol y por lo tanto no genera daños al medio ambiente, regenerando los recursos satisfactoriamente.

Pelizzetti y Serpone (2013) define foto-catálisis como la rapidez del sol de una reacción foto-química con la existencia de catalizadores, teniendo como factor principal la acción de la luz. En el desarrollo de dicho proceso, se produce un cambio foto-químico de ciertos elementos químicos como resultado de la absorción de la radiación emitida por el sol, por parte de los catalizadores. La foto-catálisis del tipo heterogénea, se refiere al uso de un elemento sólido, que será un semiconductor, entre ellos podemos nombrar al dióxido de titanio, óxido

de zinc, entre otros, que brindan estabilidad y aceleran el proceso de absorción de la radiación, haciendo más factible las reacciones sólido-gas y sólido-líquido. En relación a la foto-catálisis del tipo homogéneo, se tiene a todos los elementos presentes en un mismo estado, gracias a la acción del catalizador que se encuentra disuelto en el líquido contaminado. Tanto para la foto-catálisis homogénea como heterogénea se puede recuperar el catalizador. Desde un punto de aplicación de la luz del sol, se presentan en párrafos siguientes, los procesos más importantes de foto-catálisis.

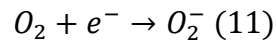
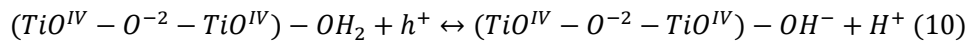
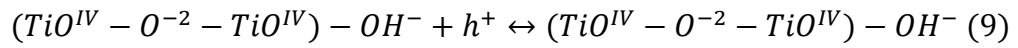
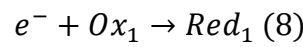
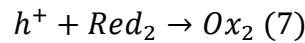
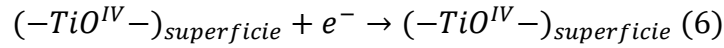
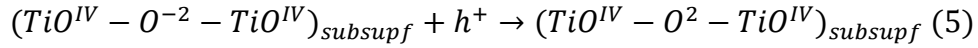
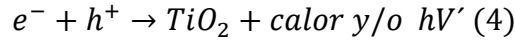
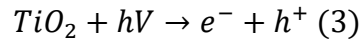
La Fotocatálisis heterogénea con  $\text{TiO}_2$  según Romero (2014) a nivel internacional, la aplicación de este método usando dióxido de titanio como elemento catalizador, representa de gran importancia para el tratamiento de aguas, siendo este tema de interés a nivel científico. A diferencia de otras tecnologías, éste método no es selectivo y por tal motivo es que puede ser usado para tratar mezclas contaminadas complejas. Por otro lado, el uso de la radiación solar como fuente de energía aporta valor ambiental al proceso, lo que es un ejemplo de sostenibilidad tecnológica. En los estudios realizados desde 1976, se presentaron algunos inconvenientes como la limitada capacidad de producción de los radicales hidroxilos y la lenta degradación del proceso. Hubo resultados tanto positivos como negativos, lo que provocó dudas respecto a la eficacia del tratamiento. Hoy en día este tratamiento se caracteriza por ser conservador y realista, además que sus aplicaciones resultan ser más precisas y específicas, con una tecnología competitiva y accesible. En el proceso foto-catalítico tipo heterogéneo se enciende el sólido semireductor para así producir electrones foto-excitados, así como también algunos huecos que tienden a deslizarse hasta la superficie del catalizador y por ende ser parte de las diversas reacciones que producen, formando un ciclo cerrado. Si bien una definición correcta aún no se ha establecido, Serpone (2013) propusieron que el foto-catalizador estará conformado por una partícula semi conductora, la cual actuará para determinada reacción siempre y cuando sus productos presenten una especificidad elevada, si no presentan alteración durante el transcurso del proceso, si es necesaria la generación de pares de electrón-hueco formados mediante la absorción de fotones, los cuales son capaces de trasladar un electrón hacia la banda de conducción, desde la banda de valencia, y finalmente si no existe



almacenamiento energético de fotones en los productos, generando una reacción del tipo exotérmica y cinéticamente hablando, con un retraso en el inicio.

Los estudios realizados por Serpone (2013), en la actualidad, el elemento que degrada la mayor cantidad de compuestos orgánicos y la que más es usada en el proceso de fotocatalisis es el radical hidroxilo ( $\text{OH}^\bullet$ ). Otros estudios se realizaron acerca del origen de estos radicales hidroxilos, además de otros elementos que se pueden formar durante el desarrollo de la reacción fotocatalítica. Como paso inicial se tiene el proceso de absorción energética de la radiación emitida por el sol, que hace posible que el electrón se desplace hacia la banda de conducción, partiendo desde la banda de valencia (con una longitud de onda UV cercano,  $\lambda < 387 \text{ nm}$ ), como segundo paso se tiene la generación de los pares electrón-hueco, los cuales se separan en huecos de la banda de valencia y electrones en la banda conductora, la cual se puede analizar en la ecuación 3. Ambos, tanto hueco como electrón raudamente se ponen sobre la superficie, donde el hueco resulta ser capturado por trampas energéticas superficiales ( $\text{Ti}^{\text{IV}} - \text{O}_2 - \text{Ti}^{\text{IV}}$ ) y el electrón por trampas superficiales ( $-\text{Ti}^{\text{IV}}$ ) como se observan en las ecuaciones 5 y 6, también pueden ser capturados por trampas externas mediante un intercambio entre fases donde existe donación electrónica ( $\text{Red}_2$ ) y captación electrónica ( $\text{Ox}_1 \text{ ads.}$ ), estos dos procesos se muestran en las ecuaciones 7 y 8 respectivamente. Existe modificación del potencial de reducción y oxidación, cuando se da el proceso de adsorción del tipo heterogénea; como ejemplo tenemos el potencial redox de +1,5 V para el proceso de adsorción del  $\text{OH}^\circ/\text{OH}^-$  sobre el dióxido de titanio, que en un medio acuoso tiene un valor de +2,62 V. Una nueva combinación entre los pares que son generados (ecuación 4) necesita que la reducción 1 y oxidación 1 sean adsorbidos anticipadamente en la parte superficial, antes que el catalizador se excite por la incidencia de la luz solar. Ciertos disolventes oxi-reductores que se encuentran activos a veces actúan como donantes y aceptadores de electrones. En las ecuaciones 9 y 10 se observa la producción de radicales hidroxilos que son generados en los huecos de la parte superficial del dióxido de titanio. En la ecuación 11, se observa la formación del radical peróxido mediante la captura del electrón por parte del oxígeno molecular. Cabe resaltar que tanto el agua

como el oxígeno, son dos componentes importantes en el proceso de fotomineralización en presencia del dióxido de titanio (Bahnemann. D. 2013).



En la parte superficial de partículas irradiadas por dióxido de titanio, se identifican dos lugares, el primero, titanio reticular y el segundo, Ti-OH superficial, este segundo, adsorbe las sustancias orgánicas. En el Ti-OH superficial se producen los radicales hidroxilos, los cuales reaccionan con la solución que contiene al sustrato, no obstante, esta aseveración ha causado mucha polémica entre los científicos. Estudios revelan que los elementos oxidantes foto-generados no se encaminan alejadas de la parte superficial, generalmente se encuentran muy cerca de ellas. En todos los casos, la fotodescomposición de los compuestos orgánicos se produce entre el sustrato y el radical hidroxilo, empezando con el desplazamiento del radical desde la superficie por causa de la sustancia orgánica, seguidamente los protones y electrones que se generan son atrapados por la superficie del electrón de titanio y la superficie de Ti-O-Ti. El oxígeno adsorbido captura los electrones formando el oxígeno molecular ( $O_2$ ) impidiendo así la recombinación entre oxígeno y titanio. Los protones, oxidan de forma directa el elemento fenóxido, produciendo de tal manera los radicales fenoxilos o también oxidan el Ti-OH de la superficie, generando radicales hidroxilos (OH). La seguida oxidación de mencionados compuestos, finaliza en la mineralización con producción de dióxido de carbono. Pruebas realizadas mostraron que la ruptura consecutiva de los enlaces del

radical hidroxilo produce reacciones oxidativas de los contaminantes orgánicos. Los estudios también demostraron la eficiencia del proceso foto-catalítico heterogéneo en la degradación de sustancias simples y complejas, como por ejemplo sustancias halogenadas, aromáticas, alcanos, alquenos, ácidos carboxílicos, entre otros. En las sustancias aromáticas se hidroxiliza la parte aromática y se genera la abertura de los anillos mediante oxidación-adición. Tanto los ácidos carboxílicos como los aldehídos pasan por un proceso de descarboxilización produciendo dióxido de carbono como paso final (Zamora 2013).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación

La presente investigación utilizó el tipo de investigación aplicada, la cual busca la aplicación de los conocimientos adquiridos, donde el investigador se interesa en las consecuencias prácticas.

El diseño fue del tipo factorial simple porque el objeto de investigación (aguas residuales de matadero) se ve afectado por determinadas condiciones o estímulos (variables independientes) para poder observar los efectos que se producen (variables dependientes). El diseño de la investigación a realizar corresponde al diseño factorial simple de 2 variables (A, B) tomando la referencia de (Clair et al. 2013).

#### 3.2. Variables y Operacionalización

Las variables de investigación se pueden observar en la tabla 1, también se mencionan en la matriz de operación de variables en el Anexo 2.

**Tabla 1.** Variables de investigación

Variables de investigación	
Fotocatálisis Heterogénea con TiO <sub>2</sub> Y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	INDEPENDIENTE
Reducción de DQO y DBO <sub>5</sub>	DEPENDIENTE

**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

##### - Población

Aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.

##### - Muestra

Se tomó el volumen de 250 mL de aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.

##### - Muestreo

Para el muestreo del agua se utilizó el método de muestreo aleatorio simple.

##### - Unidad muestral

Fue de 250 mL para poder realizar los estudios correspondientes.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada para la investigación fue la observación, la cual permitió la interacción del investigador para la reducción de DQO y DBO<sub>5</sub> por Fotocatálisis Heterogénea con TiO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de las Aguas Residuales del Camal Municipal de la Provincia de Chupaca.

Las variables de investigación se mencionan en la matriz de operación de variables en el Anexo 2:

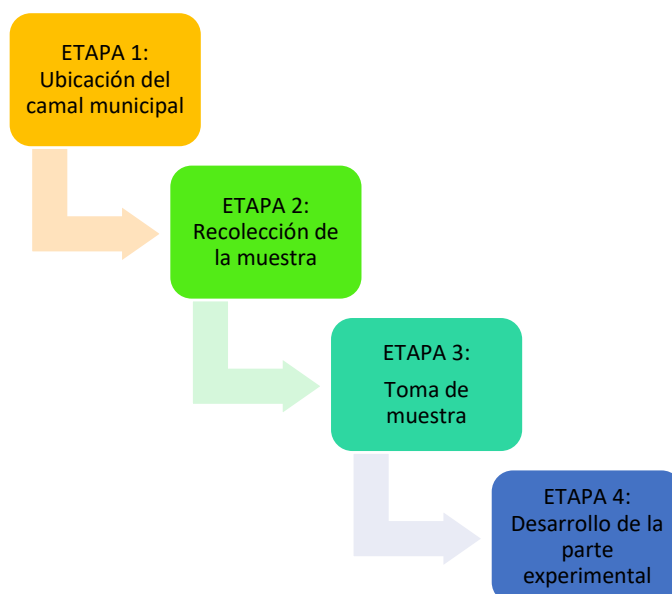
**Tabla 2.** Fichas de recolección de datos

<b>FICHA 1</b>	Formato de campo
<b>FICHA 2</b>	Ficha de datos de la muestra
<b>FICHA 3</b>	Caracterización fisicoquímica de las aguas del camal
<b>FICHA 4</b>	Generación de datos experimentales

**Fuente:** elaboración propia

### 3.5. Procedimiento

Seguidamente, damos a conocer el procedimiento que se llevó a cabo durante la fase experimental de la presente investigación, la cual se muestra en la **Figura 1**.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 1.** Pasos de la parte experimental

## ETAPA 1 Ubicación del Camal Municipal de Chupaca

Las muestras del agua residual fueron obtenidas del Camal Municipal de Chupaca, dichas muestras son de todas las actividades que se desarrollan dentro de sus instalaciones, las cuales son vertidas en el río Cunas.



Fuente: Google Maps 2018

Figura 2: Ubicación del Camal Municipal de Chupaca

<b>Altitud</b>	<b>3263 m. s. n. m.</b>
<b>Latitud sur</b>	<b>12° 3' 26.74" S</b>
<b>Longitud Oeste</b>	<b>75° 17' 4.22" O</b>
<b>Distrito</b>	Chupaca
<b>Provincia</b>	Chupaca
<b>Departamento</b>	Junín

## ETAPA 2 Recolección de la muestra

La toma de muestras se realizó a la salida de los efluentes del Camal Municipal de Chupaca (Figura 3), constituido por aguas residuales que son emitidas al río Cunas, las muestras fueron trasladadas hacia el laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú, donde se realizó las pruebas experimentales aplicándose la metodología de la fotocatalisis Heterogénea.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3:** Camal Municipal de Chupaca

### **ETAPA 3 Toma de muestra**

Se tomó cantidades de 5 litros en baldes con tapa para poder transportarlos fácilmente. Este proceso fue realizado 3 veces por semanas, en los días de mayor actividad en el camal (Figura 4).

Durante la semana, se trabajó con la muestra obtenida el mismo día de su recolección para no dejar las muestras en reposo para que de esta manera no intervenga ningún otro factor que pueda cambiar las condiciones biológicas del agua residual.



**Fuente:** elaboración propia

**Figura 4:** Punto de la toma de muestra



Fuente: Elaboración propia  
**Figura 5:** Toma de muestras del camal

**Preparación de la muestra:** se transportó las muestras desde el lugar de recolección hacia el laboratorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú en baldes (Figura 6).



Fuente: Elaboración propia  
**Figura 6:** Transporte de la muestra



seguidamente se realizó un filtrado simple con una malla de 1 mm de diámetro, de la muestra para separar el líquido de las partículas grandes (restos de pelos, heces y otros) del líquido (Figura 7)



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 7:** Filtrado del agua residual del camal

Terminada la filtración para la separación de sólidos gruesos, se tomará 250 mL del efluente para cada vaso de precipitación de 500 mL de capacidad (figura 8).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 8:** Toma de muestras del agua residual

Teniendo las muestras en los vasos de precipitación respectivos se realizó el pesado del dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en una balanza analítica de cuatro dígitos para tener más precisión respecto a la masa del catalizador, utilizando lunas de reloj se taro la balanza para luego agregar el catalizador y tomar los pesos de 1 g y 2 g del ( $\text{TiO}_2$ ) (figura 9).



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Utilización de la balanza analítica

#### ETAPA 4 Desarrollo de la experimentación

Se tendrá las muestras del agua residual del camal y la masa de los catalizadores y se realizó las pruebas experimentales utilizando agitadores magnéticos, de igual forma se utilizó 2 lámparas de UV de 15 W para la radiación respectiva.

En primer lugar, se tuvo que pesar las masas de ( $\text{TiO}_2$ ) de 1 g y 2 g por seis veces para todas las pruebas experimentales según el diseño que se planteó (Figura 10).



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Peso del catalizador ( $\text{TiO}_2$ )

Seguidamente se agrego peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ) a una concentración de 100 ppm (mg/L) a todas las muestras de 250 mL del agua residual del camal, el peróxido a utilizar fue el comercial, más conocido como agua oxigenada el cual contiene el 1 % o 10 volúmenes de  $H_2O_2$ , esto quiere decir que en 1 litro hay 10 mL de  $H_2O_2$  y 990 mL de agua destilada.

Sabemos que 1 % equivale a 10000 ppm, por lo tanto, la botella de un litro de agua oxigenada contiene 10000 ppm.

$$\begin{array}{l} 10000 \text{ ppm } H_2O_2 \text{ ----- } 1 \text{ L } H_2O_2 \\ 100 \text{ ppm } H_2O_2 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$x = \frac{100 \text{ ppm } H_2O_2 * 1 \text{ L}}{10000 \text{ ppm } H_2O_2}$$

$$x = \frac{1 \text{ L} \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}}{100} = 10 \text{ mL } H_2O_2$$

Se determinó que para cada muestra se adicionaría 10 mL  $H_2O_2$  (Figura 11).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 11:** Medición del ( $H_2O_2$ )

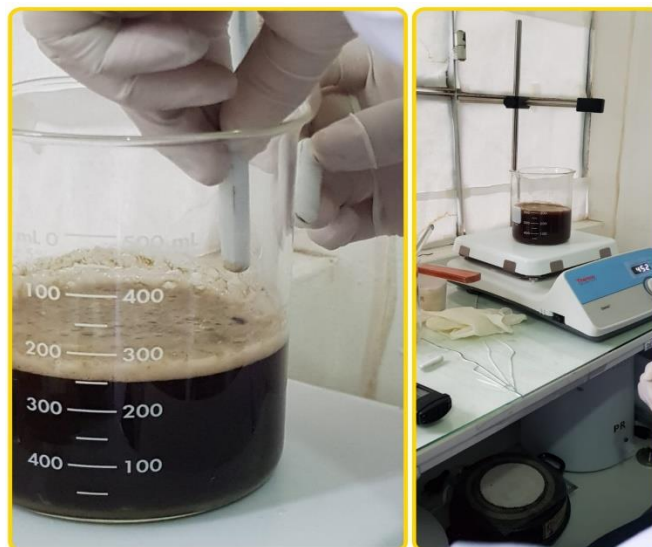
Al terminar de agregar el  $H_2O_2$  a cada vaso de precipitación (Figura 12).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 12:** Agregando  $H_2O_2$

se colocó en los agitadores magnéticos el cual cumplió la función de realizar una mezcla completa para ello se programará unos 2 minutos a una 400 RPM (Figura 13).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 13:** Utilizando el agitador magnético a 400 RPM

Luego se procedió a agregar el óxido de titanio en los vasos de precipitación según los pesos que se realizaron anteriormente manteniendo las revoluciones en el agitador magnético (Figura 14).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 14:** Agregando el óxido de titanio

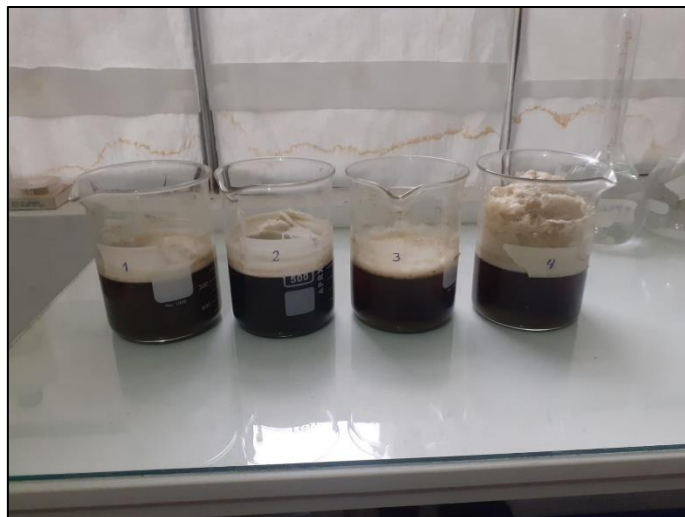
Luego se procedió a llevar los vasos precipitados a un agitador mecánico para que puedan ser irradiadas con rayos UV mediante dos lámparas UV de longitud de onda de 320 nm a 400 nm con 15 W de potencia marca OSRAM, se mantuvo las revoluciones de 400 RPM por un periodo de 30 y 45 minutos, por protección personal se tuvo que proteger con papel metálico (Figura 15).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 15:** Radiación de UV a las muestras

Para terminar, se dejó en reposo los vasos precipitados para dejar sedimentar los sólidos suspendidos que se generaron en el tratamiento de las aguas residuales del camal (Figura 16).



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 16:** Muestras sedimentadas

### **3.6. Método de análisis de datos**

Utilizando las medidas de tendencia central (media, moda y mediana), con los resultados obtenidos del monitoreo de pH, temperatura para ver el comportamiento de estas variables intervinientes, se analizó medidas de dispersión (la desviación estándar y la varianza), para determinar el comportamiento de los datos respecto a la media de las variables mencionadas.

Para la comprobación de hipótesis específicas 1 se utilizó el análisis T student con el fin de probar todas las diferencias de la caracterización de los compuestos de los efluentes del camal. Para la comprobación de hipótesis específicas 2 y tres se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de TUKEY, que sirve para probar todas las diferencias entre medias de los tratamientos de las pruebas experimentales. La única exigencia es que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos. La hipótesis estadística se basó únicamente al objetivo general siendo necesario plantear una hipótesis nula y alternativa correspondiente a este. No siendo necesario comprobar las hipótesis específicas de la investigación debido al diseño que se está planteado dentro del trabajo.

Se realizó análisis de regresión lineal, mediante el coeficiente de Pearson para ver la relación de las variables independientes con la dependiente según el coeficiente de relación que se aproxime a 1.

### **3.7. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación respetó la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajustó a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificó mediante el turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación.

#### IV. RESULTADOS

##### Parte experimental

Las concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO de las tres réplicas, se presentan en las Tablas N° 3 y N° 4, estos valores fueron registrados en las pruebas experimentales en el laboratorio. Se trabajó con dos variables independientes, tiempo de retención hidráulica y cantidad de TiO<sub>2</sub>, a las condiciones de 30 y 45 minutos con respecto al tiempo; y con respecto a la cantidad: 1 y 2 gramos de TiO<sub>2</sub>.

**Tabla 3.** Resultados de la concentración de DBO<sub>5</sub> de las réplicas I, II y III

N° Prueba	Tiempo (min)	Cant. de TiO <sub>2</sub> (g)	Réplica I		Réplica II		Réplica III	
			DBO <sub>5</sub>	pH	DBO <sub>5</sub>	pH	DBO <sub>5</sub>	pH
0	--	--	988	7,2	999,2	7,06	993	7,25
1	30	1	169,5	6,96	173,8	6,85	165,2	6,88
2	30	2	212,3	6,92	216,7	6,74	208,5	6,75
3	45	1	99,2	6,8	110,3	6,52	107	6,43
4	45	2	181,3	6,76	178,6	6,51	184,9	6,48

**Fuente:** Elaboración propia

Las concentraciones de DBO<sub>5</sub>, en cada una de las réplicas, fueron presentadas por la Tabla N° 3, la cual mostró que en la réplica I, la mayor concentración de DBO<sub>5</sub> fue de 212,3 ppm y se obtuvo a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g. Por otro lado, la menor concentración de DBO<sub>5</sub> fue de 99,2 ppm, la cual fue obtenida a la cantidad de 1 g. En la réplica II, se presenta el mismo patrón, ya que la mayor concentración de DBO<sub>5</sub> fue de 216,7 ppm y se presentó a la cantidad de 2 g; y la menor concentración que fue 110,3 ppm a la cantidad de 1 g, asimismo en la réplica III se obtuvo una mayor concentración de DBO<sub>5</sub> de 208,5 ppm a una cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g. y por el contrario se obtuvo una menor concentración de DBO<sub>5</sub> de 107 ppm a una cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g.

**Tabla 4.** Resultados de la concentración de DQO de las réplicas I, II y III

N° Prueba	Tiempo (min)	Cant. de TiO <sub>2</sub> (g)	Réplica I		Réplica II		Réplica III	
			DQO	pH	DQO	pH	DQO	pH
0	--	--	1683,8	7,2	1694,5	7,06	1690	7,25
1	30	1	350,1	6,96	362,7	6,85	348,2	6,88
2	30	2	426,8	6,92	438,3	6,74	424,9	6,75
3	45	1	198,6	6,8	225,3	6,52	214,7	6,43



4	45	2	379,5	6,76	371	6,51	382,4	6,48
---	----	---	-------	------	-----	------	-------	------

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla N° 4 muestra las concentraciones de DQO, en las réplicas I, II y III, la cual mostró que en la réplica I, la mayor concentración de DQO fue de 426,8 ppm y se obtuvo a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g. Por otro lado, la menor concentración de DQO fue de 198,6 ppm, la cual fue obtenida a la cantidad de 1 g. En la réplica II, se presenta el mismo patrón, ya que la mayor concentración de DQO fue de 438,3 ppm y se presentó a la cantidad de 2 g; y la menor concentración que fue 225,3 ppm, a la cantidad de 1 g. Del mismo modo en la réplica III se obtuvo una mayor concentración de DQO a 424,9 ppm a una cantidad de 2 g de TiO<sub>2</sub>

**Tabla 5:** Resultados de las concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO a la cantidad de 1 g

Nº Prueba	Tiempo (min)	Cant. de TiO <sub>2</sub> (g)	DBO <sub>5</sub>	DQO	pH
P_0	0	--	988	1683,8	7,2
P_1	15	1	486,2	851,06	7
P_2	30	1	169,5	350,1	6,96
P_3	45	1	99,2	198,6	6,8
P_4	60	1	96,1	197,4	6,65

**Fuente:** Elaboración propia

En vista que los mayores porcentajes de disminución de DBO<sub>5</sub> y DQO se presentaron a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g, se procedió a realizar las pruebas experimentales, añadiendo dos valores de tiempo de retención: 15 y 60 minutos.

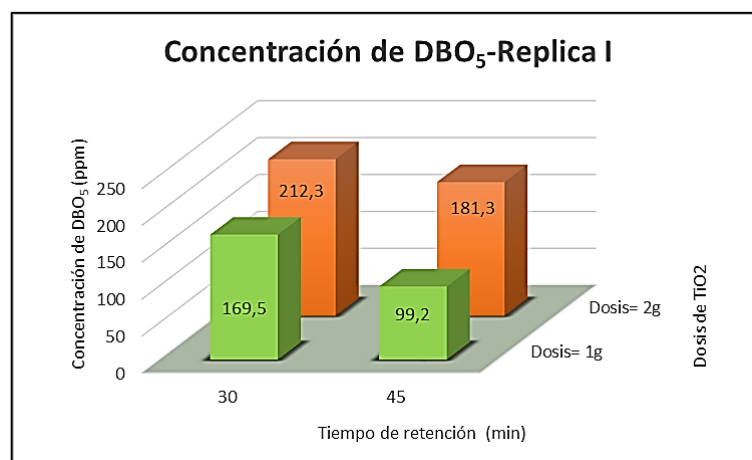
La Tabla N° 5 muestra las concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO, en los tiempos de 15, 30, 45 y 60 minutos, a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g, de los cuales se pudo observar que la mayor concentración de DBO<sub>5</sub> fue de 486,2 ppm y la menor de 96,1 ppm, estos valores se dieron en los tiempos de 15 y 60 minutos respectivamente. En el caso del valor de DQO, se mostró la mayor y menor concentración de 851,06 ppm y 197,4 ppm respectivamente, en los tiempos de 15 y 60 minutos, al igual que en el caso de la concentración de DBO<sub>5</sub>.

**Tabla 6:** Resultados de las concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO promedio de las réplicas I, II y III

PROMEDIO					
Nº Prueba	Tiempo (min)	Cant. de TiO <sub>2</sub> (g)	DBO <sub>5</sub>	DQO	pH
0	--	--	993,4	1689,4	7,17
1	30	1	169,5	353,7	6,90
2	30	2	212,5	430,0	6,80
3	45	1	105,5	212,9	6,58
4	45	2	181,6	377,6	6,58

**Fuente:** Elaboración propia

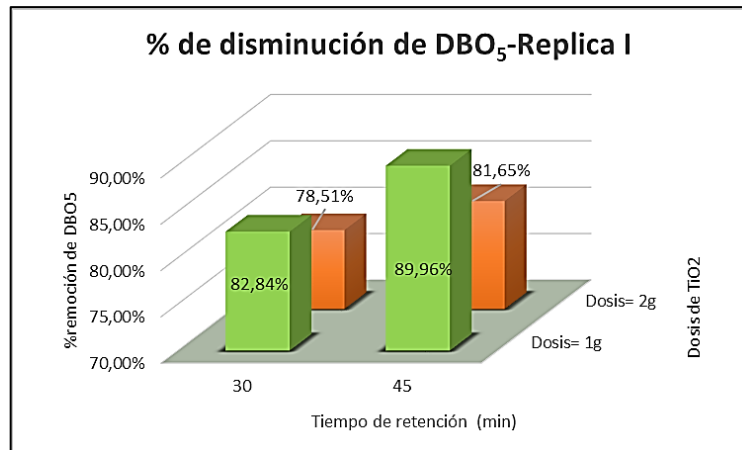
Los resultados promedio de las concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO se presentan en la Tabla N° 6, los cuales fueron calculados determinando la media de los valores de las tres réplicas, y se observó el mismo comportamiento de cada réplica, que a la cantidad de 1 g de TiO<sub>2</sub> se obtuvieron las menores concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO que fueron: 105,5 ppm y 212,9 ppm; y a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g las mayores concentraciones: 212,5 ppm y 430 ppm.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 17:** Concentración de DBO<sub>5</sub> – Réplica I

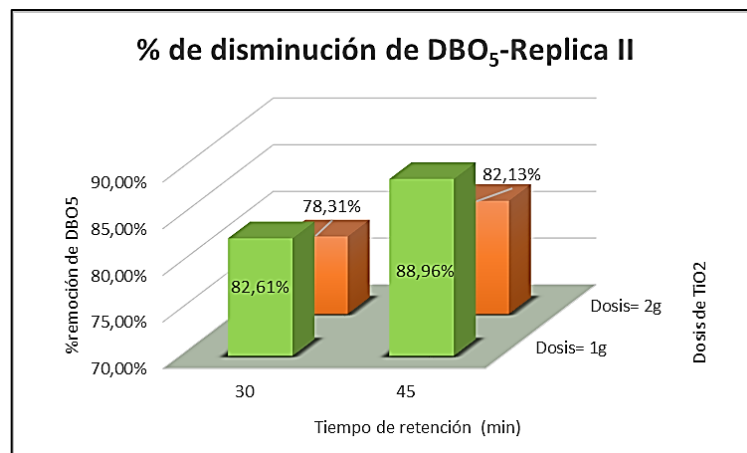
La Figura 17 plasma las concentraciones de DBO<sub>5</sub> de la réplica I, asimismo se observa que la mayor concentración de DBO<sub>5</sub>, 212,3 ppm se obtuvo a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g y la menor concentración, 99,2 ppm, a la cantidad de 1 g de TiO<sub>2</sub>.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 18:** Porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> – Réplica I

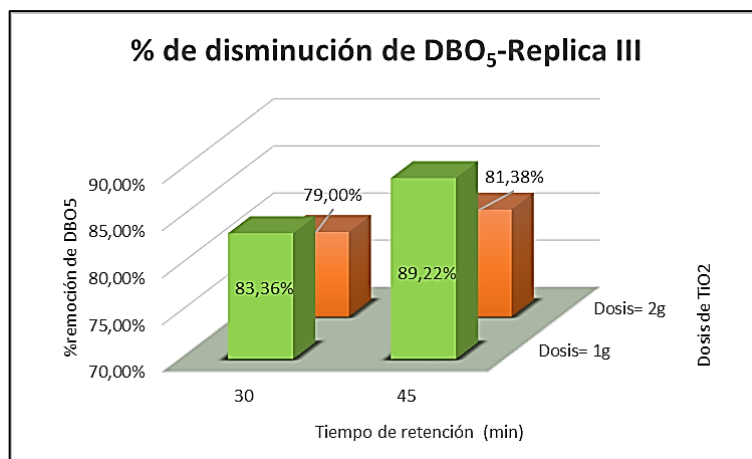
El mayor porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub>, se obtuvo a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g y tiempo de retención de 45 minutos, como se plasma en la Figura 18, alcanzando un 89,96 %; en contraste, el menor porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> se obtuvo a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g y tiempo de retención de 30 minutos, que fue de 78,51 %.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 19:** Porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> – Réplica II

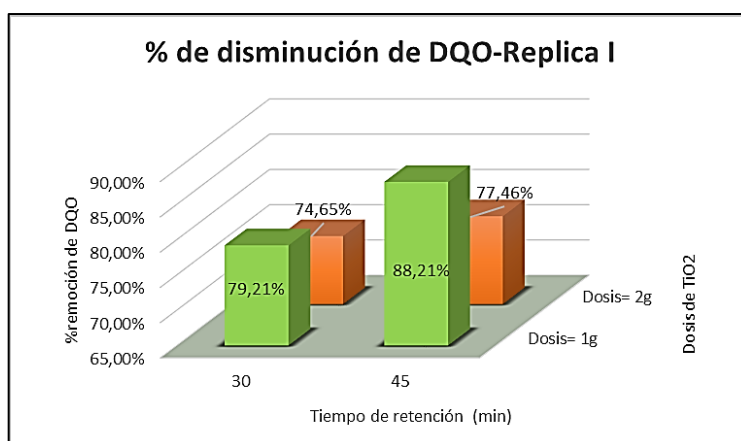
En la Figura 19, se visualiza el mayor porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> que alcanzó un valor de 88,96 % a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g en el tiempo de 45 minutos, y el menor porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> que fue de 78,31 % a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g en el de tiempo de 30 minutos, compartiendo un patrón con la réplica I.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 20:** Porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> – Réplica III

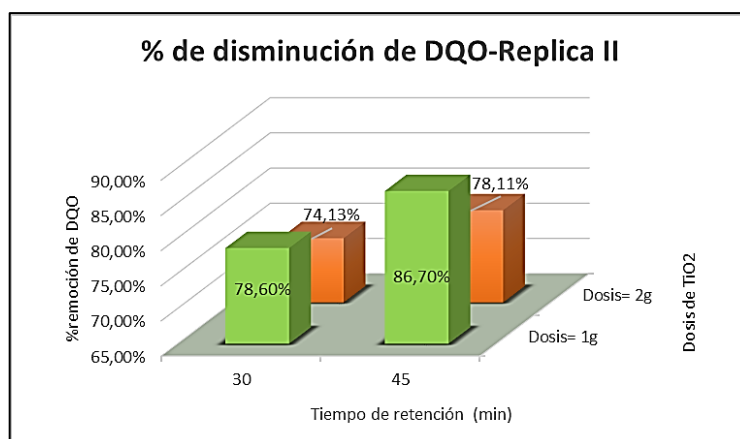
En la Figura 20 muestra, al igual que en las réplicas I y II, en la réplica III, a la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 1 g se presentaron los mayores porcentajes de disminución de DBO<sub>5</sub> alcanzando valores de 89,22 %; a diferencia de la cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g que se obtuvieron porcentajes menores de disminución que llegaron a 79 %.



**Fuente:** Elaboración propia

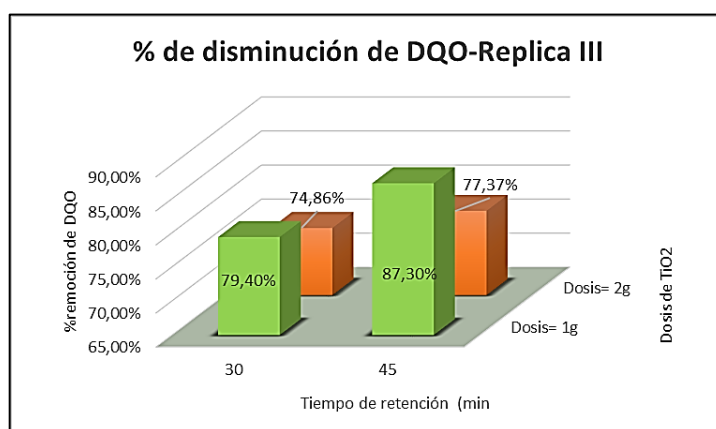
**Figura 21:** Porcentaje de disminución de DQO – Réplica I

Los porcentajes de disminución de DQO, de la réplica I se mostraron en la Figura 21, los cuales indicaron que a la menor cantidad de TiO<sub>2</sub> que fue de 1 g, se lograron alcanzar los mayores porcentajes de disminución de DQO como 88,21 %, esto en el tiempo de 45 minutos; sin embargo, los menores porcentajes de disminución de DQO llegaron hasta 74,65 % en el tiempo de retención de 30 minutos a una cantidad de 2 g de TiO<sub>2</sub>.



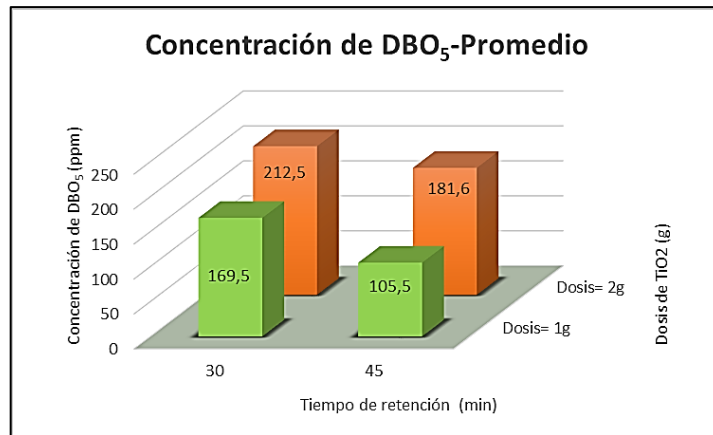
**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 22:** Porcentaje de disminución de DQO – Réplica II

La Figura 22 muestra los porcentajes de disminución de DQO de la réplica II, asimismo se logró observar que a la cantidad de 1 g se alcanzó el 86,70 % de disminución de DQO, que fue el mayor valor obtenido. El menor valor, se mostró a las condiciones de 2 g de cantidad de TiO<sub>2</sub> y tiempo de retención de 30 minutos, que fue de 74,13 %.



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 23:** Porcentaje de disminución de DQO – Réplica III

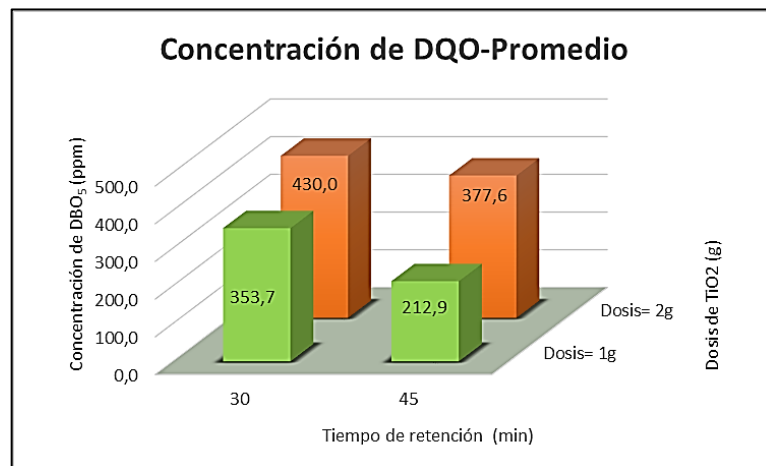
Presentando la misma relación con las réplicas I y II, la réplica III muestra el mayor porcentaje de disminución de DQO, alcanzando el 87,30 %, obtenido a un tiempo de 45 minutos y con una cantidad de 1 g de TiO<sub>2</sub> como se puede apreciar en la Figura 23, diferenciándose con el menor porcentaje obtenido a las condiciones de 2 g de TiO<sub>2</sub> y tiempo de 30 minutos que fue de 74,86 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 24:** Concentración de DBO<sub>5</sub> promedio

En la Figura 24 se mostró las concentraciones promedio de DBO<sub>5</sub> de las réplicas I, II y III; así mismo, se observó que a la cantidad de 1 g se presentaron las menores concentraciones de DBO<sub>5</sub>, llegando a 105,5 ppm, relación que se repitió en las tres réplicas y por tanto se plasma en los datos promedio. En contraste a estos valores, también se observan los valores más altos, obtenidos a la cantidad de 2 g, alcanzando la concentración de DBO<sub>5</sub> de 212,5 ppm.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25:** Concentración de DQO promedio

Las concentraciones de DQO promedio se obtuvieron, calculando la media de los datos de las tres Réplicas, así mismo se determinó que las menores concentraciones de DQO se obtuvieron a la cantidad de 1 g, siendo este un patrón repetido en las tres Réplicas y por tanto plasmado en la Figura 25. Otro comportamiento también observado fue con respecto a las

mayores concentraciones de DQO, ya que, en todas las réplicas, se presentaron a la cantidad de 2 g.

### Análisis Inferencial y descriptiva

Para realizar la contratación de la hipótesis se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0 analizando los resultados de porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> y DQO en relación a los parámetros de tiempo de retención y cantidad del catalizador TiO<sub>2</sub>.

**Tabla 7.** Resumen del diseño

<b>FACTORES:</b>	<b>2</b>	<b>RÉPLICAS:</b>	<b>3</b>
Corridas base:	4	Total de corridas:	12
Bloques base:	1	Total de bloques:	3

Numero de niveles: 2; 2 y Regresión factorial general: DBO<sub>5</sub> vs. Bloques; TIEMPO; CANTIDAD

**Tabla 8.** Información del factor DBO<sub>5</sub>

Factor	Niveles	Valores
<b>Tiempo</b>	2	30; 45
<b>Cantidad</b>	2	1; 2

En la tabla 7 y tabla 8 se encuentra el resumen de diseño y la información del factor de DBO<sub>5</sub> respectivamente.

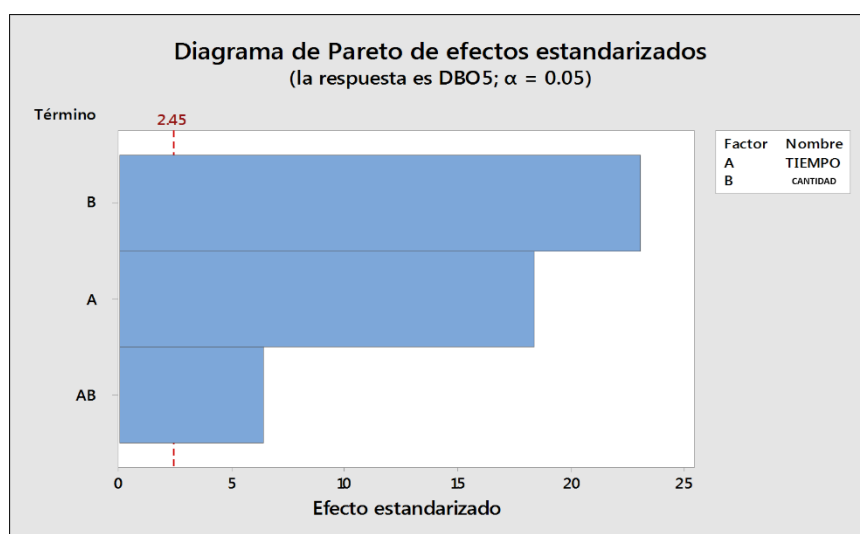
**Tabla 9.** Análisis de varianza DBO<sub>5</sub>

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Modelo</b>	5	0,018480	0,003696	181,94	0,000
<b>Bloques</b>	2	0,000015	0,000008	0,38	0,699
<b>Lineal</b>	2	0,017630	0,008815	433,94	0,000
<b>TIEMPO</b>	1	0,006844	0,006844	336,93	0,000
<b>CANTIDAD</b>	1	0,010786	0,010786	530,94	0,000
<b>Interacciones de 2 términos</b>	1	0,000834	0,000834	41,06	0,001
<b>TIEMPO*CANTIDAD</b>	1	0,000834	0,000834	41,06	0,001
<b>Error</b>	6	0,000122	0,000020		
<b>Total</b>	11	0,018601			

**Tabla 10.** Resumen del modelo para el DBO<sub>5</sub>

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
<b>0,0045071</b>	99,34 %	98,80 %	97,38 %

En el análisis de varianza del factor de repetición del tiempo de retención y cantidad del catalizador de TiO<sub>2</sub>, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0,699, lo que indica que no hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla 9, por otro lado el tiempo y la cantidad presentan un valor de probabilidad de cero indicando que existe diferencia significativa entre estos dos parámetro, por último la interacción de los términos de tiempo y cantidad presento un valor de probabilidad de 0,001 indicando que la interacción de estos dos factores es significativa como se muestra en la tabla 10.



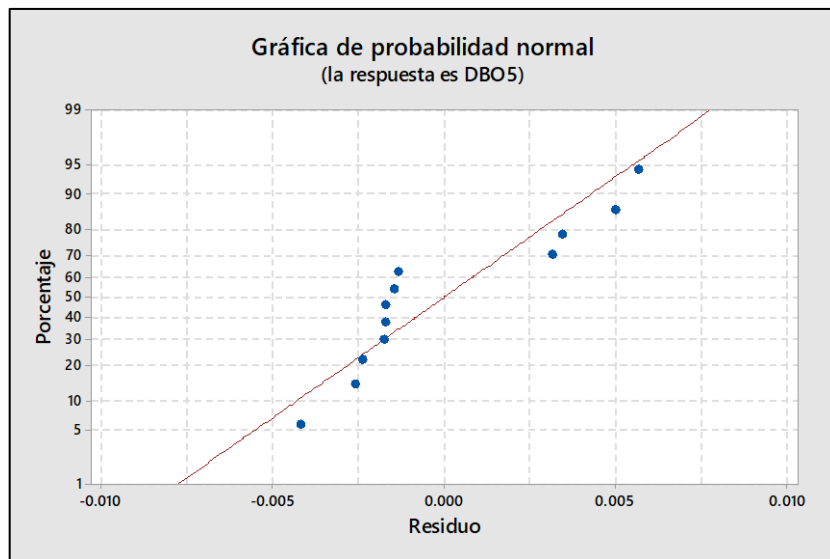
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 26:** Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para el DBO<sub>5</sub>

La Figura 26 muestra un diagrama de Pareto donde se observan dos efectos principales: el tiempo y la cantidad de catalizador son estadísticamente significativos, es decir, afectan significativamente el porcentaje de reducción de DBO<sub>5</sub>. Asimismo, se pudo observar que el efecto que menos se extiende es la interacción del tiempo y la cantidad se



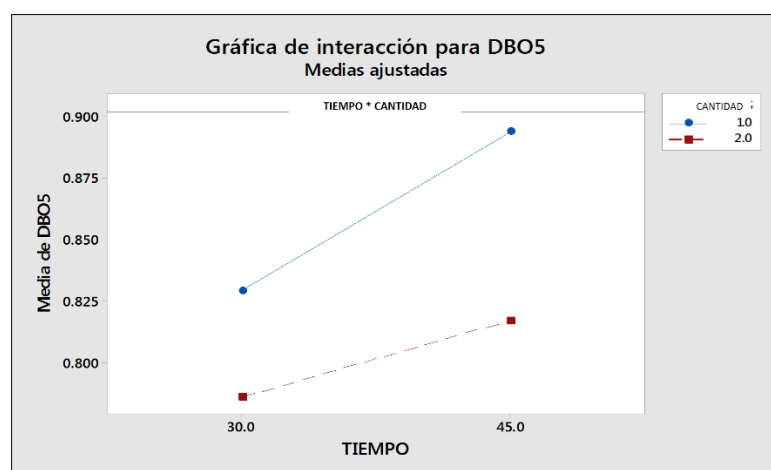
extiende en menor medida que los términos independientes, aun a pesar de esto si influye en la disminución de porcentaje del DBO<sub>5</sub>.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Gráfica de la probabilidad normal en la disminución del porcentaje de DBO<sub>5</sub>

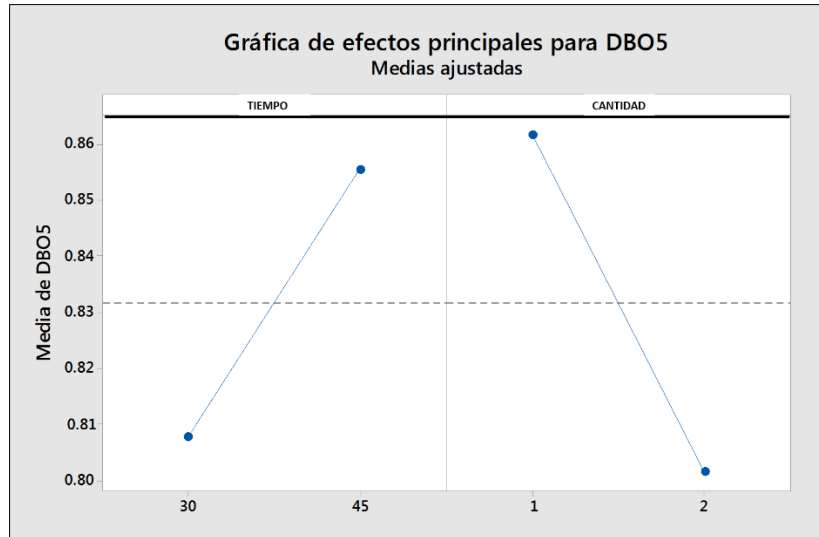
Como se observa en la Figura 27, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores atípicos que no se encuentran próximos a la línea recta por los que son excluidos para no afectar la normalidad con los datos analizados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Gráfica de interacción para DBO<sub>5</sub>

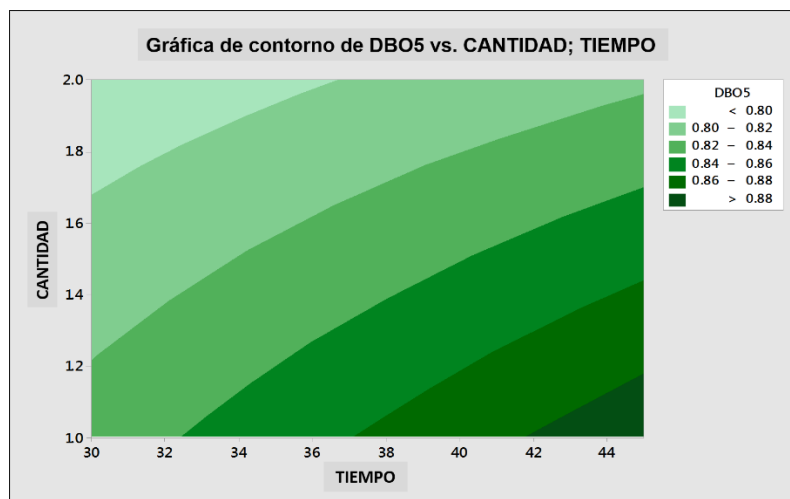
En la Figura 28 se observa que cuando la cantidad de  $\text{TiO}_2$  es de 1 g en 45 minutos, el porcentaje de reducción de  $\text{DBO}_5$  es mayor, entre 0.875 y 0.9. Por el contrario, el porcentaje de reducción observado es cuando 2 g Cuando la cantidad de catalizador es de 30 minutos, el contenido de  $\text{DBO}_5$  es inferior a 0,8.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 29:** Gráfica de efectos principales para el porcentaje disminución de  $\text{DBO}_5$

La Figura 29 nos muestra los principales efectos que afectan el porcentaje de reducción de  $\text{DBO}_5$ . Se observa que en 45 minutos se alcanza un porcentaje entre 0,85 y 0,86. En relación a la cantidad, cuando la reducción de  $\text{DBO}_5$  es cercana a 0,86, el porcentaje de reducción de  $\text{DBO}_5$  es 1 g En contraste, con 2 g de  $\text{TiO}_2$ , el porcentaje mínimo de reducción de  $\text{DBO}_5$  obtenido en 30 minutos está en el rango de 0,81 a 0,80.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 30:** Gráfica de contorno para el porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub>

En la Figura 30 se observa que se obtuvo un porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> mayor a 0,88 en un intervalo de tiempo de 42 a 45 minutos y a un intervalo de cantidad de 1,0 a 1,2 g, en divergencia se obtuvo un porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> menor a 0,80 en un tiempo que osciló entre 30 a 36 minutos y con una cantidad de TiO<sub>2</sub> que osciló entre 1,8 a 2,0 g.

### Regresión factorial general: DQO vs. Bloques; TIEMPO; CANTIDAD

**Tabla 11.** Información del factor para DQO

Factor	Niveles	Valores
<b>TIEMPO</b>	2	30; 45
<b>CANTIDAD</b>	2	1; 2

**Tabla 12.** Análisis de varianza DQO

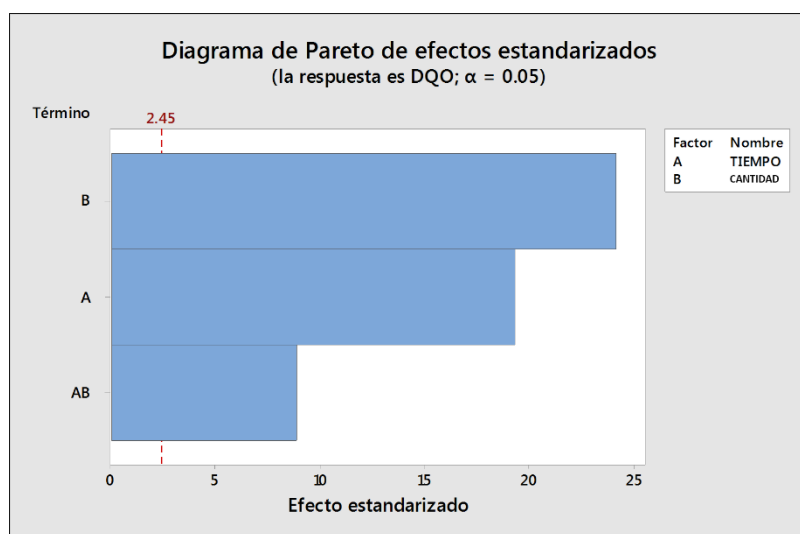
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>Modelo</b>	5	0,027193	0,005439	207,42	0,000
<b>Bloques</b>	2	0,000052	0,000026	0,99	0,425
<b>Lineal</b>	2	0,025084	0,012542	478,34	0,000
<b>TIEMPO</b>	1	0,009805	0,009805	373,94	0,000
<b>CANTIDAD</b>	1	0,015280	0,015280	582,74	0,000
<b>Interacciones de 2 términos</b>	1	0,002057	0,002057	78,44	0,000

<b>TIEMPO*CANTIDAD</b>	1	0,002057	0,002057	78,44	0,000
<b>Error</b>	6	0,000157	0,000026		
<b>Total</b>	11	0,027350			

**Tabla 13.** Resumen del modelo DQO

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
<b>0,0051206</b>	99,42 %	98,95 %	97,70 %

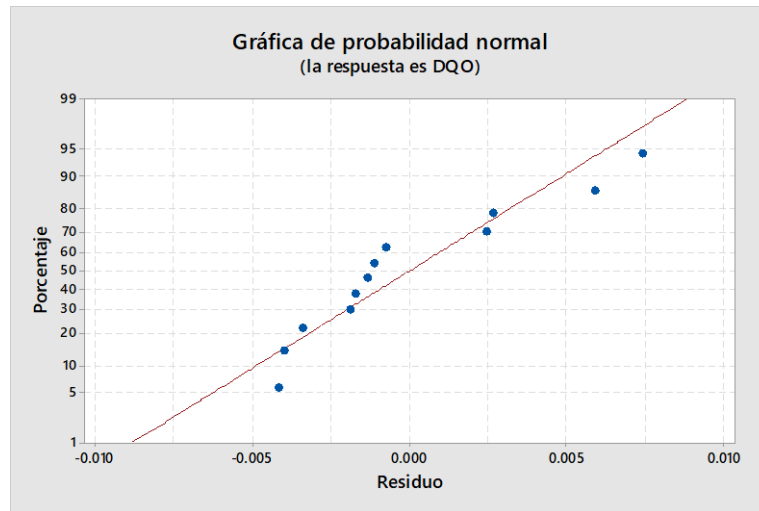
En el análisis de varianza para los factores de repetición de tiempo de retención y cantidad del catalizador  $TiO_2$ , en la tabla 12 se observa que el valor para la probabilidad de repeticiones es de 0,425 indicando que no existe diferencia estadísticamente significativa, en contraste el tiempo, la cantidad y la interacción de estos dos términos presentaron un valor de probabilidad de cero como indica la tabla 13, indicando que existe diferencia significativa entre estos parámetros.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 31:** Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para el DQO

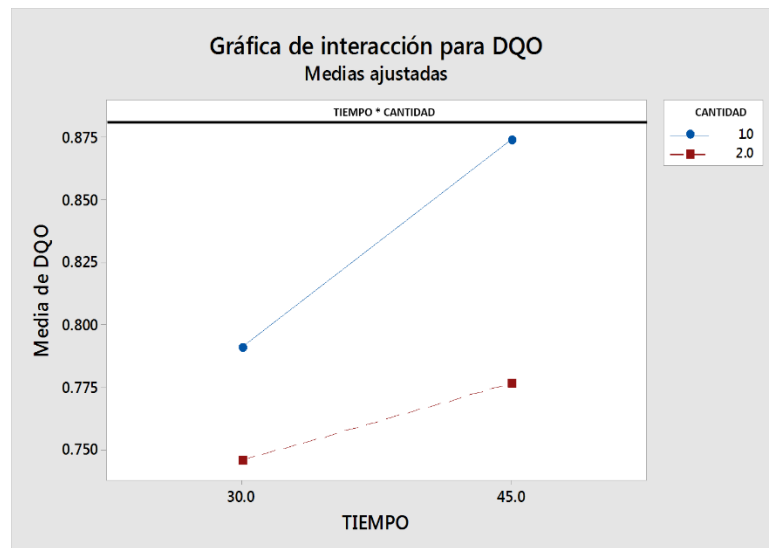
En la Figura 31 nos presenta el diagrama de Pareto observando que los efectos de tiempo y cantidad de  $TiO_2$  influyeron significativamente en el porcentaje de disminución de DQO. Del mismo modo se pudo observar que el efecto que influyó en menor medida en el porcentaje de disminución de DQO fue el de la interacción de tiempo y cantidad.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 32:** Gráfica de la probabilidad normal en la disminución de porcentaje de DQO

Como se observa en la Figura 32, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, registrándose la presencia de valores atípicos que se encuentran muy alejados a la línea recta, por lo que fueron excluidos para no afectar la normalidad con los datos analizados.

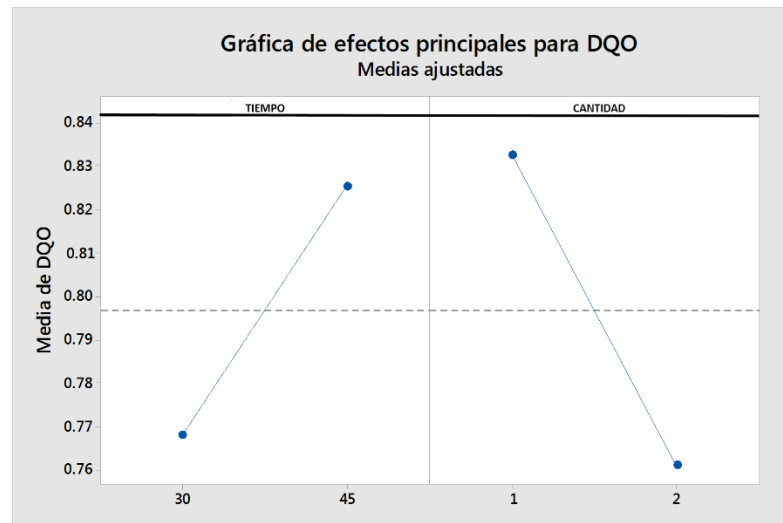


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 33:** Gráfica de interacción para DQO

En la Figura 33 se muestra que se tuvo un máximo porcentaje de disminución de DQO mayor a 0,875 cuando se trabajó a un tiempo de 45 minutos con una cantidad de catalizador de 1 g, en contraste se obtuvo un mínimo porcentaje de disminución de DQO por debajo de 0,75 cuando se trabajó en un tiempo de 30 minutos y a una cantidad de 2 g. Por lo tanto y

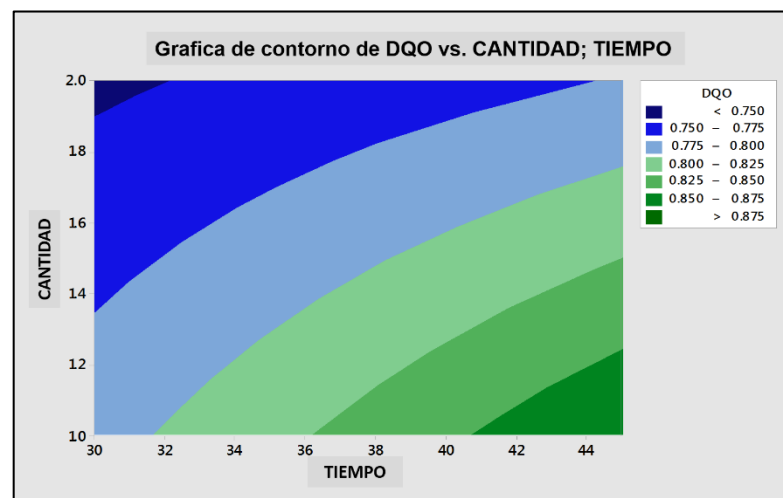
en relación a la Figura N° 15 se observó que los parámetros óptimos fueron 45 minutos y 1 g de  $TiO_2$  para lograr un máximo porcentaje de disminución de  $DBO_5$  y DQO.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 34:** Gráfica de efectos principales para el porcentaje de disminución de DQO

En la Figura 34 nos muestra los efectos principales que influyen en el porcentaje de disminución de DQO, obteniéndose un valor máximo entre 0,83 y 0,84 cuando el tiempo fue de 45 minutos y a una cantidad de 1 g, en contraste se obtuvo un valor mínimo de porcentaje de disminución de DQO entre 0,76 y 0,77 cuando el tiempo fue de 30 minutos a una cantidad de 2 g.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 35:** Gráfica de contorno para el porcentaje de disminución de DQO

En la Figura 35 se observa que se obtuvo un porcentaje de disminución de DQO mayor a 0,875 en un intervalo de tiempo de 41 a 45 minutos y aun intervalo de cantidad de  $\text{TiO}_2$  de 1,0 a 1,2 g; en contraste se obtuvo un porcentaje de disminución por debajo de 0,75 cuando el tiempo vario de 30 a 32 minutos a las cantidades de catalizador de 1,9 a 2 g

## V. DISCUSIÓN

El efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica, muestra los porcentajes de disminución de  $DBO_5$  en las tres réplicas, los cuales mostraron que el mayor y menor porcentaje de disminución de  $DBO_5$  fueron de 89,96 % y 78,31 % respectivamente. En cada una de las réplicas, el mayor porcentaje se obtuvo en el tiempo de 45 minutos y el menor porcentaje en el tiempo de 30 minutos, esto indica que, a mayor tiempo de retención hidráulica se obtuvo un mayor porcentaje de disminución de  $DBO_5$  contrastando estos resultados con el trabajo de investigación de Quintero, Rincon y Rivera (2007) quienes estudiaron los proceso de fotocátalisis homogénea y heterogénea en aguas residuales provenientes del proceso de producción de aguas isotónicas, utilizando como catalizador  $TiO_2$  , en esta investigación se tuvo una relación de  $DBO_5/DQO$  de 0,32 por lo tanto se observó un incremento en el porcentaje de disminución de  $DQO$  conforme pasaba el tiempo , encontrando un porcentaje de remoción máximo que osciló entre 70 % y 80 % cuando paso un tiempo de 120 minutos, en la relación mencionada anteriormente el porcentaje de disminución de  $DBO_5$  también aumentó conforme pasó el tiempo.

Los porcentajes de disminución de  $DQO$ , mostraron que a una cantidad de 1 g y tiempo de 30 minutos el porcentaje fue de 79,21 % y al incrementar el tiempo a 45 minutos, el porcentaje de disminución de  $DQO$  también aumentó a 88,21 %. En la réplica II se observó el mismo comportamiento, ya que a la cantidad de 2 g y tiempo de 30 minutos el porcentaje fue de 74,13 % y al incrementar el tiempo a 45 minutos, el porcentaje de disminución de  $DQO$  aumento a 86,70 %. La réplica III presentó el mismo patrón, incrementándose el valor de 79,40 % a 87,30 % de disminución de  $DQO$ , entonces se concluye que al incrementar el tiempo de 30 a 45 minutos el porcentaje de disminución de  $DQO$  aumenta , tal como lo indica el autor Arroyave y Gutierrez (2008) a, quien trató aguas residuales fenólicas mediante un proceso de fotocátalisis, observando que conforme pasa el tiempo la demanda química de oxígeno va disminuyendo hasta un 35,57 % a un tiempo de 180 minutos



considerando que a un tiempo de 12 minutos la disminución de DQO fue de 12,01 %.

Los porcentajes promedio de DBO<sub>5</sub> y DQO, donde se observó que los mayores porcentajes de disminución de DBO<sub>5</sub> y DQO se presentaron en el tiempo de 45 minutos, obteniendo 82,94 % en 30 minutos, e incrementándose a 89,38 % en 45 minutos. Presentando la misma relación con respecto al valor del DQO, ya que, en el tiempo de 45 minutos, mostró el mayor porcentaje de disminución que fue de 87,40 %; así pues, la literatura informa sobre la rápida tasa de degradación de la fotocatalisis con TiO<sub>2</sub> en un corto período de tiempo que conduce a la oxidación completa de los compuestos orgánicos (Tanaka, Padermpole y Hisanaga 2000).

El efecto de la cantidad de TiO<sub>2</sub> en los estudios realizados se muestra el porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> promedio, calculado con los datos de las tres Réplicas, observando que a la cantidad de 1 g se obtuvo un porcentaje mayor de disminución de DBO<sub>5</sub> de 89,38 %, resultado cercano al obtenido en el trabajo de investigación del autor Ardila, Reyes y Arriola (2012) a quien evaluó la eficiencia de la fotocatalisis utilizando TiO<sub>2</sub> en efluentes de la industria farmacéutica, obteniendo un porcentaje de remoción que oscilo entre 80 % y 100 % cuando la cantidad del TiO<sub>2</sub> fue de 1 mg/L.

También se observó que el menor porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> se obtuvo a la cantidad de 2 g que fue 78,61 %. Así pues, se infiere que, a menor cantidad de TiO<sub>2</sub>, el porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> se incrementa.

Esto se debe a que la agregación de partículas en altas concentraciones de TiO<sub>2</sub>, causa una disminución en el número de sitios activos de superficie y un aumento de la opacidad y dispersión de la luz de las partículas de TiO<sub>2</sub>, lo que lleva a una disminución del paso de irradiación a través de la muestra y un menor porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> (Chen y Ray 1998).

Los porcentajes de disminución de DQO, mostraron mayores porcentajes de disminución de DQO de 87,40 % a la cantidad de  $TiO_2$  de 1 g. En contraste, los menores porcentajes de disminución de DQO fueron 74,55 % que fue obtenido a la cantidad de 2 g. Se infiere que al disminuir la cantidad de  $TiO_2$  de 2 g a 1 g, el porcentaje de disminución de DQO se incrementa, obteniendo como cantidad optima 1 g de  $TiO_2$ . En el trabajo de investigación de Kumar, Kumar y Bhardwaj (2011) se obtuvo como cantidad optima 0,75 g de  $TiO_2$ , un valor muy cercano al obtenido en esta investigación.

Aquí también se plasma que a una menor cantidad de  $TiO_2$  se obtiene un mayor porcentaje de disminución de DQO. En general, aunque la presencia del catalizador  $TiO_2$  aumenta el rendimiento de fotooxidación, una alta concentración de  $TiO_2$  no necesariamente implica un alto rendimiento de reacción, al menos en algunas regiones con exceso de catalizador (Rodrigues 2007).

La relación entre el tiempo de retención y la cantidad de  $TiO_2$  De acuerdo a las tablas anteriores se observó que se obtuvo un mayor porcentaje de disminución de DQO Y  $DBO_5$  cuando el tiempo incrementaba de 30 a 45 minutos y cuando la cantidad del  $TiO_2$  fue de 1 g llegándose a obtener a estas condiciones un porcentaje de disminución de 89,38 % y 87,40 % para el  $DBO_5$  Y DQO respectivamente. Por lo tanto, las condiciones óptimas para lograr un porcentaje de remoción considerablemente alto, de acuerdo al procedimiento metodológico fue: 45 minutos y una cantidad de catalizador  $TiO_2$  de 1 g. Estos resultados fueron contrastados con el trabajo de investigación de Wiszniowski (2006) quien aplicó el proceso de fotocátalisis a muestras de lixiviado sanitario, aplicando parámetros de cantidad de  $TiO_2$  de 2 g, 3 g y tiempo de 0 a 240 minutos, en relación a la biodegradabilidad  $DBO_5$ /DQO logro un porcentaje máximo que oscilo entre 30 % y 40 % cuando utilizo una menor cantidad de catalizador en el mayor tiempo.

## VI. CONCLUSIONES

La disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> mediante la fotocatalisis heterogénea en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA fueron evaluados con los siguientes parámetros: tiempo de retención (30 minutos y 45 minutos) y la cantidad del catalizador TiO<sub>2</sub> (1 g y 2 g) obteniéndose un mayor porcentaje de disminución de DQO de 87,40 % y de DBO<sub>5</sub> de 89,39 %.

Se caracterizó la composición fisicoquímica de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA, obteniéndose los siguientes resultados: primera replica de un pH de 7.2, temperatura de 5.9 °C, DQO de 1683.8 mg/L y DBO<sub>5</sub> de 988.0 mg/L. para la segunda replica de un pH de 7.06, temperatura de 5.7 °C, DQO de 21694.5 mg/L y DBO<sub>5</sub> de 999.0 mg/L y en la tercera replica de un pH de 7.25, temperatura de 5.5 °C, DQO de 1690.0 mg/L y DBO<sub>5</sub> de 993.0 mg/L

Se determinó el efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica en la disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> mediante fotocatalisis heterogénea en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA, observándose que se obtuvo un mayor porcentaje de disminución de DQO de 87,40 % en un tiempo de 45 minutos, en este mismo tiempo se logró un mayor porcentaje de disminución de DBO<sub>5</sub> de 89,38 %. Por lo tanto, se concluyó que a un mayor tiempo de retención se logra obtener mayores porcentajes de disminución de DQO y DBO<sub>5</sub> siendo estos valores directamente proporcionales.

Se determinó el efecto de la cantidad de TiO<sub>2</sub> en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA, alcanzándose un porcentaje de disminución de 87,40 % para el DQO cuando la cantidad de TiO<sub>2</sub> fue de 1 g, para esta misma cantidad se logró un porcentaje de disminución de 89,38 % para el DBO<sub>5</sub>, en contraste cuando se utilizó una cantidad de TiO<sub>2</sub> de 2 g se obtuvieron porcentajes de remoción de DQO y DBO<sub>5</sub> de 74,55 % y 78,61 %, concluyendo que a mayor cantidad de TiO<sub>2</sub> se obtienen menores porcentajes de disminución de DQO y DQB<sub>5</sub>.

Se relacionó el tiempo de retención y la cantidad de  $\text{TiO}_2$  en la disminución de DQO y  $\text{DBO}_5$  mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA, se observó que se alcanzó mayores porcentajes de disminución de DQO y  $\text{DBO}_5$  de hasta 87,40 % y 89,38 % cuando el tiempo fue de 45 minutos y la cantidad del  $\text{TiO}_2$  fue de 1 g, siendo estos parámetros los óptimos para la mejor eficiencia de la electrocoagulación heterogénea aplicada a nuestro estudio.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Considerar como parámetro de investigación, la longitud de onda de la luz UV a utilizarse en el proceso foto catalítico observando como varia en la disminución de DQO Y DBO<sub>5</sub>.
- Realizar una investigación para el tratamiento de aguas residuales con el proceso de fotocátalisis homogénea, utilizando los mismos parámetros utilizados en el presente estudio, determinando de esta manera que tipo de fotocátalisis es más eficiente en la reducción de DQO y DBO<sub>5</sub>.

## REFERENCIAS

- ARDILA, Alba, REYES, Juliana y ARRIOLA, Erasmo, Remoción fotocatalítico de DBO, DQO Y COT de efluentes de la industria farmacéutica. *Revista Politécnica*, pp. 9-17. 2012.
- ARROYAVE, Fabian y GUTIERREZ, Gloria, Tratamiento de aguas residuales por medio de un sistema acoplado de fotocátalisis - humedales. *Medellín: s.n.*, 2008.
- AYE, T. y MEHRVAR, M., Efectos de la fotocátalisis sobre la biodegradabilidad del amarillo brillante de cibacron. , pp. 113-126. 2004.
- BAHNEMANN. D., W., Photocatalytic Detoxification. , pp. 301-319. 2013.
- CHEN, Dingwang y RAY, Ajay K., Photodegradation kinetics of 4-nitrophenol in TiO<sub>2</sub> suspension. *Water Research*, vol. 32, no. 11, pp. 3223-3234. 1998. ISSN 00431354. DOI 10.1016/S0043-1354(98)00118-3.
- CLAIR, N., SAWYER, R., PERRY, L. y GENE, Parken, Química Para Ingeniería Ambiental. *Lima: MC GRAW HILL*, vol. 4, pp. 614-622. 2013.
- FANG, L., Efectos ambientales de la industria de la carne. *Discusión sobre la economía de los recursos agrícolas y naturales*, pp. 4. 2008.
- GÓMEZ, L., Fotooxidación de vertidos químicos: Revisión y experiencias de procesos. *Ingeniería Química*, pp. 211-216. 2015.
- GONZALES, Morel, No Title. *U.S Agency for International Development*, pp. 10-15. 2014.
- GONZALES, Patricio, Diagnóstico de prevención de la contaminación. Matadero de Ganado vacuno. *U.S Agency for International Development*, pp. 10-15. 2014.
- HAAN, C., STEINFELD, H. y BLACKBURN, H., Beyond Production systems. *processing of livestock products*, 2007.
- JARAMILLO, César y TABORDA, Gonz, La Fotocatálisis: Aspectos Fundamentales para la Buena Remoción de Contaminantes. *Universidad de Caldas*, pp. 71-88. 2013.

- KUMAR, P., KUMAR, S. y BHARDWAJ, N., Titanium dioxide photocatalysis for the pulp and paper industry wastewater treatment. *Indian Journal of Science and Technology*, pp. 6. 2011.
- MALATO, Sixto, Descontaminación y desinfección de agua y aire mediante procesos solares de oxidación avanzada. *CIEMAT*, pp. 12-16. 2013.
- MOHAJERANI, M. y MEHRVAR, M., Una visión general de la integración de tecnologías avanzadas de oxidación y otros procesos para el tratamiento de aguas residuales. , pp. 120-146. 2009.
- PELIZZETTI, E. y SERPONE, N., Photocatalytic process for destruction of organic water contaminants. *kluwer ac. publ. amsterdam: chem, reactor tech, for environ, safe reactors and products*, pp. 577-608. 2013.
- POULOPOULOS, S. y ARVANITAKIS, F., Photochemical treatment of phenol aqueous Solutions using ultraviolet radiation and hydrogen peroxide. *Journal of Hazardous Materials 129*, pp. 64-68. 2016.
- QUINTERO, Luisa, RINCON, Monica y RIVERA, Monica, Degradación de colorantes de aguas residuales empleando UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>. , pp. 90-98. 2007.
- RAS 200, Sistema de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales. *Lima: s.n.*, 2013.
- RIAZA, Frutos, Influencia de variables en la oxidación de azo-colorantes vía reacción Fotofenton en condiciones de catálisis heterogénea. *Universidad de Cádiz*, 2016.
- RODRIGUES, Angela, Treatment of paper pulp and paper mill wastewater. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, pp. 10. 2007.
- ROMERO, Jairo, Tratamiento de Aguas Residuales. *Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería*, 2014.
- SERPONE, N., heterogeneous photocatalyze oxidation of phenols, cresols and fluor phenols in TiO<sub>2</sub> suspensions. *Adm. Chem*, pp. 281-314. 2013.
- TANAKA, Keiichi, PADERMPOLE, Kanjana y HISANAGA, Teruaki,

Photocatalytic degradation of commercial azo dyes. *Water Research*, vol. 34, no. 1, pp. 327-333. 2000. ISSN 00431354. DOI 10.1016/S0043-1354(99)00093-7.

WISZNIOWSKI, J., Leachate detoxification by combination of biological and TiO<sub>2</sub>-photocatalytic processes, *Water science and technology. Water science and technology*, pp. 181-190. 2006.

ZAMORA, Lucero, Aislamiento identificación, conservación de cultivos de bacterias lácticas antagonistas de microbiota contaminante de sangre de matadero. *México: s.n.*, 2013.

ZUÑIGA, Oscar, Contaminación en Camales y Mataderos. *LATU*, pp. 112-113. 2014.



## ANEXOS

### Anexo N° 1. DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LAS AUTORAS

Nosotras, Suazo Cerrón Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen Aracelly, egresado de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional de Ingeniería de la Universidad Alas Peruanas, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: “Reducción de DQO y DBO<sub>5</sub> por Fotocatálisis Heterogénea con TiO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de las Aguas Residuales del Camal Municipal de la Provincia de Chupaca.”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Huancayo; 17 de febrero del 2021



Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena

DNI: 72887250

ORCID: 0000-0002-4883-0068



Rau Leiva, Mariyen Aracelly

DNI: 73386363

ORCID: 0000 0003-3479-2475

## Anexo N° 2. Declaración de originalidad del asesor

### Declaración de originalidad del asesor

Yo, Juan Julio Ordoñez Gálvez, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo – Lima Norte, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: **“Reducción de DQO y DBO5 por fotocatalisis heterogénea con TiO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de las aguas residuales del camal municipal de la Provincia de Chupaca.”** De las autoras: Jhoselyn Elena Suazo Cerrón y Mariyen Aracelly Rau Leiva, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

21 de febrero del 2021

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308



 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Título de la Tesis**

Reducción de DQO y DBO<sub>5</sub> por Fotocatálisis Heterogénea con TiO<sub>2</sub>  
Y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de las Aguas Residuales del Camal Municipal de la  
Provincia de Chupaca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTOR:**

Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena (Orcid: 0000-0002-4883-0068)  
Rau Leiva, Mariyen Aracelly (Orcid: 0000-0003-3479-2475)

**ASESOR:**

### Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables

Variable(s)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades/Escala de medición
VI/V1  <b>Fotocatálisis Heterogénea con <math>TiO_2</math> Y <math>H_2O_2</math></b>	El proceso UV/ $H_2O_2$ , es un tipo de proceso de oxidación más avanzados (AOP), es un método que presenta gran eficacia en el tratamiento de aguas residuales (Mohajerani y Mehrvar 2009).	Se trabajará con tiempos de 30 min y 45 min para la retención hidráulica. El $TiO_2$ se utilizara en proporciones de 1 g a 2 g mezclando la muestra de agua de camal.	Características físico químicas del agua	Temperatura	°C
				Densidad	um
				PH (0-14)	intervalo
			Tiempo de retención	T1: 30	min
				T2: 45	min
			Dosis del $TiO_2$	Dosis 1: 0	g
				Dosis 2: 1	g
Dosis 3: 2	g				
VD/V1  <b>Reducción de DQO y <math>DBO_5</math></b>	Parámetros de la demanda química y bioquímica del oxígeno Jaramillo y Taborda (2013).	Los parámetros de DQO y $DBO_5$ serán medidos en el laboratorio al inicio y final de cada muestra.	Concentración inicial y final de DQO y $DBO_5$	$O_2$	mg $O_2$ /l

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones
<p><b>General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuánto será la disminución de DQO y DBO5 mediante la Fotocatálisis Heterogénea en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?</li> </ul> <p><b>Específicos:</b></p> <p>¿Cuáles serán las características fisicoquímicas que contienen las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?</p> <p>¿Cuál será el efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica en la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar la disminución de DQO y DBO5 mediante la Fotocatálisis Heterogénea en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>Caracterizar fisicoquímicamente las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.</p> <p>Determinar el efecto de la variación del tiempo de retención hidráulica en la disminución del DQO y DBO<sub>5</sub> mediante el tratamiento de las aguas</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La Fotocatálisis Heterogénea influye significativamente en la disminución del DQO y DBO5 en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA.</p> <p><b>Hipótesis Especifica:</b></p> <p>Las características fisicoquímicas de las aguas sobrepasan los valores de los límites máximos permisibles de los diversos parámetros de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA.</p> <p>El efecto de la variación</p>	<p><b>Variables independientes:</b></p> <p>Tiempo de Retención Hidráulica</p> <p>Cantidad de TiO<sub>2</sub></p> <p><b>Variables dependientes:</b></p> <p>DQO</p> <p>DBO<sub>5</sub></p>	<p>Dosis de dióxido de titanio.</p> <p>Tiempo de la retención hidráulica.</p> <p>Características fisicoquímicas del agua.</p> <p>Concentraciones de DBO y DQO</p>

<p>¿Cómo influye la cantidad de <math>TiO_2</math> y en la disminución del DQO y DBO5 en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca</p> <p>¿Cuál será la relación del tiempo retención y la cantidad de <math>TiO_2</math> en la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca?</p>	<p>residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.</p> <p>Determinar el efecto de la cantidad de <math>TiO_2</math> en la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca.</p> <p>Relacionar el tiempo de retención y la cantidad de <math>TiO_2</math> en la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de Chupaca</p>	<p>del tiempo de retención hidráulica influye significativamente en la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA.</p> <p>El efecto de la cantidad de <math>TiO_2</math> influye significativamente en la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA.</p> <p>La relación del tiempo de retención y la cantidad de <math>TiO_2</math> son directamente proporcional a la disminución del DQO y DBO5 mediante el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de la provincia de CHUPACA.</p>		
--	--	--	--	--

## Anexo N° 4. Instrumentos

### INSTRUMENTOS

	<b>FICHA N° 01: Formato de campo I</b>
<b>Título</b>	Reducción de DQO y DBO <sub>5</sub> por fotocátalisis heterogénea con TiO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de las aguas residuales del camal municipal de la Provincia de Chupaca
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena Rau Leiva, Mariyen Aracelly
<b>Asesor</b>	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio
<b>UBICACIÓN</b>	
<b>Dirección</b>	
<b>Distrito</b>	
<b>Provincia</b>	
<b>Departamento</b>	
<b>Coordenadas Geográficas</b>	

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**Dr. HORACIO ACOSTA S.**  
 CIP N° 25450

<b>Título</b>	Reducción de DQO y DBO <sub>5</sub> por fotocátalisis heterogénea con TiO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de las aguas residuales del camal municipal de la Provincia de Chupaca
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena
	Rau Leiva, Mariyen Aracelly
<b>Asesor</b>	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio

DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA						
CÓDIGO	Fecha	Hora	Coordenadas Geográficas	pH	Temperatura	Volumen
	Días	Horas	UTM		°C	m <sup>3</sup>

**LEYENDA:**

**UTM:** (Universal Transverse Mercator), sistema de coordenadas  
**°C:** Grados Celsius  
**m<sup>3</sup>:** metros cúbicos

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 DNI: 08447308

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450



**FICHA Nº 03: Caracterización fisicoquímica del agua de camal**

<b>Título</b>	Reducción de DQO y DBO <sub>5</sub> por fotocatalisis heterogénea con TiO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de las aguas residuales del camal municipal de la Provincia de Chupaca
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena
	Rau Leiva, Mariyen Aracelly
<b>Asesor</b>	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio

**CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL AGUA**

Nº de muestra	DQO	Densidad	pH	DBO <sub>5</sub>	Temperatura
	mg O <sub>2</sub> /l	Kg/m <sup>3</sup>		mg O <sub>2</sub> /l	°C
0					
1					
2					
3					
4					

**LEYENDA:**

**MgO<sub>2</sub>**: miligramos de oxígeno diatómico

**L**: litros

**Kg**: kilogramos

**°C**: grados Celsius

**m<sup>3</sup>**: metros cúbicos

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

*Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera*  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

*Dr. Horacio Acosta S.*  
**Dr. HORACIO ACOSTA S.**  
 CIP Nº 25450

<b>Título</b>	Reducción de DQO y DBO <sub>5</sub> por fotocatalisis heterogénea con TiO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de las aguas residuales del camal municipal de la Provincia de Chupaca
<b>Línea de investigación</b>	Calidad y Gestión de Recursos Naturales
<b>Responsables</b>	Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena
	Rau Leiva, Mariyen Aracelly
<b>Asesor</b>	Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio

**CONCENTRACIÓN DE DBO<sub>5</sub> Y DQO**

N° Prueba	Tiempo	Dosis TiO <sub>2</sub>	Réplica I	Réplica II	Réplica III	Réplica I	Réplica II	Réplica III	PROMEDIO
			DBO <sub>5</sub>			DQO			
			PH	PH	PH	PH	PH	PH	
	min	g							
0									
1	30	1							
2	30	2							
3	45	1							
4	45	2							

**LEYENDA:**

**min:** minutos  
**g:** gramos  
**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Bioquímica del Oxígeno  
**DQO:** Demanda Química del Oxígeno  
**PH:** potencial de Hidrógeno

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 DNI: 08447308

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivares  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## Anexo N° 5. Validación de instrumentos

### 1. Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador**
3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrólogo Ambiental**
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena / Rau Leiva Mariyen Aracelly**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,  
Huancayo, 19 de febrero de 2021

  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador
3. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo Ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de Toma de muestra**
5. Autor(A) de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,  
Huancayo, 19 de febrero de 2021

  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador
3. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo Ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización fisicoquímica del agua del camal**
5. Autor(A) de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Atentamente,  
Huancayo, 19 de febrero de 2021

  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308

**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador**
3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrólogo Ambiental**
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Generación de datos Experimentales**
5. Autor(A) de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90%

Atentamente,  
Huancayo, 19 de febrero de 2021

  
 Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 DNI: 08447308

## 2. DR. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO

### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador / UCV Lima Norte
3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena / Rau Leiva Mariyen Aracelly**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

<b>85%</b>
------------

Huancayo, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

3.

### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de Toma de muestra**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

<b>85%</b>
------------

Huancayo, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275



**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/ UCV Lima Norte
3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización fisicoquímica del agua del camal**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-----

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

**85%**

Huancayo, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador/UCV Lima Norte
3. Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Generación de datos Experimentales**
5. Autor(A) de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-----

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%

Huancayo, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENACYT: P0078275

## 4. Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador
3. Especialidad o línea de investigación:
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena / Rau Leiva Mariyen Arcelly**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

-----
-------

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Huancayo, 22 de febrero del 2021

  
**Dr. HORACIO ACOSTA S.**  
 CIP N° 25450

### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador
3. Especialidad o línea de investigación:
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de Toma de muestra**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

<b>85%</b>
------------

Huancayo, 22 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres: Dr.: **ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador
3. Especialidad o línea de investigación:
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización fisicoquímica del agua del camal**
5. Autoras de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
-----

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Huancayo, 22 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres: **Dr.: ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
2. Cargo e institución donde labora: Docente e Investigador
3. Especialidad o línea de investigación:
4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Generación de datos Experimentales**
5. Autor(A) de Instrumento: **Suazo Cerrón, Jhoselyn Elena y Rau Leiva Mariyen**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
-----

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%

Huancayo, 22 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

## Anexo N° 6. Reportes de análisis de laboratorio



### UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



#### INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE: JHOSELYN SUAZO CERRON**

MUESTRA : Agua de canal	N° DE REFERENCIA : 34-2018
FUENTE : Canal de Chupaca	MUESTREADOR : Jhoselyn Suazo Cerron
DISTRITO : Chupaca	
PROVINCIA : Chupaca	REGIÓN : Junín

Analista: Ing. Carmen Velit Villarreal  
Muestra proporcionada por el cliente

#### MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF

**Demanda Química de Oxígeno (mg/L):** MS-5220-D- Reflujo Cerrado Colorímetro  
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L):** MS-5210-b- ROB 5 días

#### Muestra inicial

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetros	Resultados
26/04/2018	10:00 a.m.	Temperatura	5,9 °C
		Potencial de Hidrógeno	7,2
		Demanda Química de Oxígeno	1683,8 mg/L
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	988,0 mg/L

#### Muestras tratadas

Fecha	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)		Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	
	Código	Resultado	Código	Resultado
27/04/2018	JI-R1	350,1 mg/L	JI-R1	169,5 mg/L
27/04/2018	JII-R1	426,8 mg/L	JII-R1	212,3 mg/L
27/04/2018	JIII-R1	198,6 mg/L	JIII-R1	99,2 mg/L
27/04/2018	JIV-R1	379,5 mg/L	JIV-R1	181,3 mg/L

Huancayo, 3 de mayo del 2018



*Glady's Maritza Ávila Carhuallanqui*  
Dra. Gladys Maritza Ávila Carhuallanqui  
Responsable del LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE: JHOSELYN SUAZO CERRON**

MUESTRA : Agua de canal	N° DE REFERENCIA : 39-2018
FUENTE : Canal de Chupaca	MUESTREADOR : Jhoselyn Suazo Cerron
DISTRITO : Chupaca	
PROVINCIA : Chupaca	REGIÓN : Junín

Analista: Ing. Carmen Velit Villarreal  
Muestra proporcionada por el cliente

**MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF**

**Demanda Química de Oxígeno (mg/L): MS-5220-D- Reflujo Cerrado Colorímetro**  
**Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L): MS-5210-b- ROB 5 días**

**Muestra inicial**

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetros	Resultados
30/04/2018	9:43 a.m.	Temperatura	5,7 °C
		Potencial de Hidrógeno	7,06
		Demanda Química de Oxígeno	1694,5 mg/L
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	999,2 mg/L

**Muestras tratadas**

Fecha	Demanda Química de Oxígeno ( mg/L)		Demanda Bioquímica de Oxígeno ( mg/L)	
	Código	Resultado	Código	Resultado
01/05/2018	JI-R2	362,7 mg/L	JI-R2	173,8 mg/L
01/05/2018	JII-R2	438,3 mg/L	JII-R2	216,7 mg/L
01/05/2018	JIII-R2	225,3 mg/L	JIII-R2	110,3 mg/L
01/05/2018	JIV-R2	371,0 mg/L	JIV-R2	178,6 mg/L

Huancayo, 10 de mayo del 2018



*Gladys Maritza Avila Carhuallanqui*  
Dra. Gladys Maritza Avila Carhuallanqui  
Responsable del LAQ





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE: JHOSELYN SUAZO CERRON**

MUESTRA : Agua de canal	N° DE REFERENCIA : 45-2018
FUENTE : Canal de Chupaca	MUESTREADOR : Jhoselyn Suazo Cerron
DISTRITO : Chupaca	
PROVINCIA : Chupaca	REGIÓN : Junín

Analista: Ing. Carmen Velit Villarreal  
Muestra proporcionada por el cliente

**METODOS NORMALIZADOS PARA ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF**

Demanda Química de Oxígeno (mg/L): MS-5220-D- Reflujo Cerrado Colorímetro  
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L): MS-5210-b- ROB 5 días

**Muestra inicial**

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Parámetros	Resultados
03/05/2018	9:35 a.m.	Temperatura	5,5 °C
		Potencial de Hidrógeno	7,25
		Demanda Química de Oxígeno	1690,0 mg/L
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	993,0 mg/L

**Muestras tratadas**

Fecha	Demanda Química de Oxígeno ( mg/L)		Demanda Bioquímica de Oxígeno ( mg/L)	
	Código	Resultado	Código	Resultado
04/05/2018	JI-R3	348,2 mg/L	JI-R3	165,2 mg/L
04/05/2018	JII-R3	424,9 mg/L	JII-R3	208,5 mg/L
04/05/2018	JIII-R3	214,7 mg/L	JIII-R3	107,0 mg/L
04/05/2018	JIV-R3	382,4 mg/L	JIV-R3	184,9 mg/L

Huancayo, 16 de mayo del 2018



*Gladys Maritza Ávila Carhuallanqui*  
Dra. Gladys Maritza Ávila Carhuallanqui  
Responsable del LAQ

## Declaración de originalidad del asesor

Yo, Juan Julio Ordoñez Gálvez, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo – Lima Norte, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: **“Reducción de DQO y DBO5 por fotocátalisis heterogénea con TiO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de las aguas residuales del camal municipal de la Provincia de Chupaca.”** De las autoras: Jhoselyn Elena Suazo Cerrón y Mariyen Aracelly Rau Leiva, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de investigación / tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

21 de marzo de 2021

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308