



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Nanopartículas de óxido de zinc para la reducción del fenol en  
aguas residuales sintéticas Huancayo 2021**

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

**AUTORA:**

Montoya Condezo, Greysi (ORCID: 0000-0002-8362-3830)

**ASESOR:**

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos porque muchos de mis logros se lo debo a ellos y por seguirme motivando a alcanzar mis metas y anhelos, a mi amiga Heliana por apoyarme en el transcurso de la carrera universitaria, a Marco quien me apoyó y alentó para continuar esta etapa de estudio. Esto es posible gracias a ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y bendecirme con una familia maravillosa que me apoya en cada etapa de mi vida, y a todas las personas cercanas que me apoyaron para poder culminar con éxito mis estudios y poder lograr mis metas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de la investigación	15
3.2. Variables y Operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimiento	18
3.5.1. Ubicación de la investigación	18
3.5.2. Preparación de las aguas residuales sintéticas	19
3.5.3. Prueba experimental	19
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	23
4.1. Características de las nanopartículas de ZnO	24
4.2. Características fisicoquímicas del fenol	24
4.3. Cantidades optimas de masa de nanopartículas ZnO, pH y tiempo de contacto en la reducción del fenol	25
V. DISCUSIÓN	34
VI. CONCLUSIONES	37
	iv

VII. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización convencional de aguas residuales hospitalarias	11
Tabla 2. Diseño factorial para la reducción de fenol	15
Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables	16
Tabla 4. Técnicas e instrumentos que se utilizaron en el proyecto de investigación	17
Tabla 5. Características de las NP-ZnO	24
Tabla 6. Características fisicoquímicas del fenol	24
Tabla 7. Reducción del Fenol	25
Tabla 8. Análisis Tukey para el factor masa del adsorbente	26
Tabla 9. Análisis Tukey para el factor pH	27
Tabla 10. Análisis Tukey para el factor tiempo	28
Tabla 11. Análisis de Varianza	31
Tabla 12. Análisis de T de Student	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del laboratorio GRUPO JHACC SAC	18
Figura 2. Porcentaje de reducción del fenol	26
Figura 3. Reducción de fenol con la masa de las nanopartículas de ZnO	27
Figura 4. Reducción de fenol con la variación de pH	28
Figura 5. Reducción de fenol con la variación de pH	29
Figura 6. Gráfica de probabilidad	30
Figura 7. Diagrama de Pareto	32

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar las Nanopartículas de óxido de zinc para la reducción del fenol en aguas residuales sintéticas Huancayo 2021. Es aplicado y experimental. Se contamina el agua de 200 mL con la solución sintética de fenol 5 mg/L, se utilizó el equipo de jarras. Para el tratamiento utilizo las nanopartículas en dos dosis (0,2 g y 0,8 g), con dos pH en (3 y 6), y dos tiempos (30 min y 60 min). Se planteo bajo el diseño completamente al azar con arreglo factorial (dos dosis x dos pH x dos tiempos) Los resultados en la reducción del fenol mostro que el tratamiento 8 (0,8 g de nanopartículas de ZnO, 6 de pH y 60 minutos), alcanzando un porcentaje de remoción de fenol de 93,56 %. En conclusión, las nanopartículas de ZnO son una alternativa eficiente y de fácil aplicación en el proceso de remoción de fenol en las aguas residuales sintéticas.

**Palabras claves:** Nanopartículas de ZnO, aguas con fenol, fenol

## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate zinc oxide nanoparticles for the reduction of phenol through the heterogeneous catalytic process in synthetic wastewater Huancayo 2021. It is applied and experimental. The 200 mL water was contaminated with the synthetic solution of phenol 5 mg/L, the jar equipment was used. For the treatment I use the nanoparticles in two doses (0.2 g and 0.8 g), with two pH's (3 and 6), and two times (30 min and 60 min). It was raised under the completely randomized design with factorial arrangement (two doses x two pH x two times) The results in the reduction of phenol showed that treatment 8 (0.8 g of ZnO nanoparticles, 6 pH and 60 minutes) , reaching a phenol removal percentage of 93.56%. In conclusion, ZnO nanoparticles are an efficient and easily applied alternative in the process of phenol removal in synthetic wastewater.

Keywords: ZnO nanoparticles, waters with phenol, phenol.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El fenol, es considerado uno de los contaminantes orgánicos más comunes presentes en el agua, es muy tóxico incluso en bajas concentraciones. Además, genera compuestos sustituidos durante los procesos de desinfección y oxidación en agua natural (Biswas et al., 2020). Este compuesto también es relevante en el campo de la investigación ambiental, porque se ha elegido con frecuencia como contaminante modelo y hay muchos datos disponibles sobre su eliminación y destrucción, en particular con respecto al tratamiento de aguas residuales. Existe en todas las aguas residuales industriales, como en la fabricación de productos petroquímicos (410 mg/L - 1200 mg/L), refinería (2500 mg/L – 5000 mg/L), procesamiento de carbón (250 mg/L – 350 mg/L) (Deng et al., 2021; Singh et al., 2021; Zheng et al., 2021). También es el principal componente orgánico que existe en las corrientes de condensado de gasificación y licuefacción del carbón. En general, Los fenoles y sus derivados se pueden encontrar como contaminantes en las aguas residuales de diferentes industrias (como industrias de gas y hornos de coque, refinerías de petróleo, fabricación de resinas de fenol-formaldehído, productos farmacéuticos, etc.) en un amplio rango de concentraciones de 1,1 mg/L a 7000 mg/L (Naguib y Badawy, 2020).

El uso industrial de fenol y sus derivados durante las últimas décadas ha provocado una grave contaminación ambiental. Debido a la naturaleza nociva de los fenoles y sus posibles efectos peligrosos para la salud humana, se han clasificado como contaminantes tóxicos. Dado que este contaminante es dañino para los organismos incluso a baja concentración y es difícil de degradar biológicamente. En el Perú se estableció el Límite Máximo Permisible (LMP) de efluentes líquidos para el subsector de Hidrocarburos según lo dispuesto en la Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente-, la Ley N° 28817 -Ley que establece plazos para la elaboración y aprobación de estándares de calidad ambiental y de límites máximos permisibles de contaminación ambiental- y Decreto Supremo N° 015-2006-EM - que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos; que el LMP para el fenol es 0,5 mg/L.

Hay muchos métodos de tratamiento físico, químico y biológico disponibles para la eliminación de fenol, pero todos estos métodos tienen problemas asociados como efluentes secundarios, productos finales peligrosos y nocivos, alto consumo de energía, tiempos de reacción prolongados, no

económicos y de baja eficiencia. Estos problemas pueden superarse mediante el uso de la adsorción por nanopartículas, que es simple en comparación con los otros métodos (Sridhar, Ramanane y Rajasimman 2018).

Las nanopartículas de óxido de zinc se utilizan ampliamente en la ingeniería ambiental para la eliminación de colorantes, metales, nitrógeno y fósforo (Omer et al., 2020). Dadas sus propiedades químicas y físicas únicas, las nanopartículas son a menudo descritas como átomos artificiales, y según el avance en los procesos de síntesis, se ha adaptado las propiedades de estos átomos artificiales en base a un uso específico. Una de las aplicaciones más importantes de las nanopartículas metálicas es la catálisis, los metales de transición presentan una gran actividad catalítica en reacciones inorgánicas y orgánicas. Estos nanomateriales se pueden aplicar tanto en catálisis heterogénea como en homogénea (Petronijević et al., 2021).

Por lo tanto, en el presente estudio, se llevó a cabo el proceso de catálisis heterogénea con nanopartículas de ZnO para la eliminación de fenol en aguas residuales sintéticas.

De acuerdo a la caracterización del problema se planteó el **problema general** ¿Cuál será el efecto de las nanopartículas de óxido de zinc para la reducción del fenol en aguas residuales sintéticas Huancayo 2021? Además, se plantearon los siguientes **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características de las nanopartículas de ZnO para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas?, ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del fenol presente en las aguas residuales sintéticas? y ¿Cuál es la cantidad óptima de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas?, respecto a los problemas planteados se estableció que el **objetivo general** es: Evaluar el efecto de las nanopartículas de ZnO en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas. Asimismo, los **objetivos específicos** son: Caracterizar las nanopartículas de ZnO para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas, Caracterizar fisicoquímicamente el fenol presente en las aguas residuales sintéticas y determinar las cantidades óptimas

de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.

La justificación del trabajo se basa en el aumento en la generación de materiales contaminantes orgánicos peligrosos en las aguas residuales que llevan a encontrar tratamientos más eficientes diseñados para reducir la concentración de contaminantes; tales como floculación, ozonización y adsorción. La contaminación ambiental provocada por la liberación de sustancias químicas tóxicas de los hospitales a la red de alcantarillado sin un tratamiento previo, provocan diversos peligros para el medio ambiente y la salud. El fenol es uno de los compuestos más famosos que se hallan en las aguas residuales hospitalarias. En base a esta problemática ambiental, el logro que se pretende alcanzar con el trabajo de investigación es eliminar o reducir el fenol de las aguas residuales de sintéticas empleando nanopartículas de ZnO como nanomateriales adsorbentes.

La **hipótesis general**: Se logra un porcentaje igual o mayor a 70 % de reducción del fenol con nanopartículas de ZnO en el tratamiento de las aguas residuales sintéticas. Las **hipótesis específicas** planteadas son: Las características de las nanopartículas de ZnO presentan una influencia significativa para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas, Las características fisicoquímicas del fenol ayudan a su reducción presentes en las aguas residuales sintéticas y a mayores valores de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto se tiene mayor influencia en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.

El motivo del trabajo de investigación es mejorar la calidad sanitaria antes del vertimiento de aguas hospitalarias en ríos o redes de alcantarillado. Ya que se determinó su afectación a estos por tanto se pretende adicionar al tratamiento de estas aguas, nanopartículas de óxido de zinc y a si mejorar la calidad de vida de las familias ubicadas sus viviendas aguas abajo del río que utilizan estas aguas para riego de cultivos y bebida para animales. De esta manera, se quiere lograr avanzar en la prevención y el control de la contaminación, manteniendo siempre presente el desarrollo sostenible. Ya que el fin es darle un mejor tratamiento y gestión de los residuos.

## **II. MARCO TEÓRICO**

(Sridhar, Ramanane y Rajasimman 2018) realizaron la síntesis de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) mediante un método químico húmedo. Se investigó la influencia del pH inicial, la dosis de ZnO, el tiempo de contacto, la concentración inicial de fenol sobre el porcentaje de remoción de fenol. Se emplearon isothermas de Langmuir, Freundlich, Tempkin para los datos de sorción. Los estudios cinéticos también fueron realizados utilizando modelos cinéticos de pseudo primer orden y pseudo segundo orden. Los resultados indican que la isoterma de Langmuir se ajusta bien a los datos de eliminación de fenol en comparación con otras isothermas. De los estudios cinéticos también se infirió que la sorción sigue un Pseudo primer orden. Se ha realizado una comparación para la eliminación de fenol de aguas residuales industriales y sintéticas utilizando nanopartículas de ZnO sintetizadas.

En el trabajo realizado por (Kumar et al., 2021) se sintetizó un grupo de nanocompuestos (NC) de óxido de grafeno reducido por tetrápodos de ZnO (ZTPG). Se realizó la degradación fotocatalítica de 4-clorofenol (4-CP) y colorante MB en sistema acuoso. La mineralización máxima después de la fotodegradación alcanzó aproximadamente el 94,8% para 4-CP sobre ZTPG-5 con exposición a luz ultravioleta durante 180 min. De manera similar, también se encontró una eficiencia del 98,05% para la fotodegradación del colorante MB después de 90 minutos de introducción de luz ultravioleta.

En este trabajo (Ebrahimian et al., 2021) sintetizaron nanopartículas (NP) de ZnO mediadas por extracto etanólico de hoja de Urtica dioica (U. dioica) (NP de Ud-ZnO) y se aplicaron para la fotodegradación de naranja de metilo (MO,  $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ ) y tintes rodamina B (RhB,  $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ ) bajo irradiación de luz ultravioleta (UV). La actividad fotocatalítica cuantitativa de NP de Ud-ZnO preparadas indicaron que el 73,4% de MO (naranja de metilo) y el 85% de RhB (rodamina B), se degradaron fotoquímicamente en 90 min y 140 min, respectivamente, lo que indica una alta actividad fotocatalítica. Se analizó la cinética de las reacciones de fotodegradación MO y RhB, lo que indica una reacción de pseudo-primer orden con las constantes de velocidad de reacción de  $0.0155 \text{ min}^{-1}$ ,  $0,0121 \text{ min}^{-1}$  y  $0,0158 \text{ s}^{-1}$ , respectivamente.

En el presente estudio (Uribe-López et al. 2021), se informó sobre el efecto del método de síntesis en la fotoactividad de ZnO-NPs. Las nanopartículas se prepararon mediante procedimientos de precipitación y sol-gel utilizando

nitrate de zinc y acetilacetato de zinc (II) como precursores de ZnO, respectivamente. Las muestras obtenidas se denominaron ZnO-PP (método de precipitación) y ZnO-SG (método sol-gel). Los polvos se calcinaron a 500°C y se caracterizaron además mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, difracción de rayos X en polvo, adsorción de N<sub>2</sub>, análisis térmico, espectroscopia UV-Vis de reflectancia difusa y microscopía electrónica. La actividad fotocatalítica se estimó degradando fenol (50 ppm) como molécula sonda bajo irradiación UVA ( $\lambda = 356 \text{ nm}$ ), los resultados demostraron que el ZnO-PP alcanzó el 100% de degradación después de 120 min y el 90% del contaminante se mineraliza, mientras que para ZnO-SG los resultados fueron 80% y 48% respectivamente.

(Dhiman y Sharma, 2019) estudiaron la adsorción competitiva de [clorhidrato de ciprofloxacina + clorhidrato de ofloxacina] y [diclofenaco sódico + paracetamol] a partir de soluciones binarias, en medio acuoso, utilizando nanopartículas de ZnO como adsorbente. Se han llevado a cabo experimentos al pH óptimo obtenido a partir de estudios de adsorción de un solo componente de los fármacos respectivos. Los datos de adsorción en equilibrio se han analizado utilizando el modelo competitivo de Langmuir. Por tanto, los resultados indican un efecto antagonista sobre la adsorción de cada fármaco debido a la presencia del segundo componente.

(Noukelag et al., 2021) trabajó la biorremediación del efluente textil industrial mediante la valorización de extractos de residuos agrícolas de hojas de *Rosmarinus officinalis* (romero) utilizando nanopartículas de ZnO (NP) dopadas con Ag biosintetizadas, como fotocatalizadores. Las NP sintetizadas se utilizaron para el tratamiento del efluente textil industrial (TE) evaluando el pH y la temperatura. La mineralización, por lo tanto, la descontaminación del TE se ha confirmado con un 63% de degradación del tinte que se observa después de 100 min de exposición a luz visible. Los análisis reportados indicaron que las nanopartículas sintetizadas de este extracto vegetal pueden desempeñar un papel importante en la biorremediación de las aguas residuales de la industria textil.

(Rout et al., 2019) sintetizó el nanocatalizador de Au-Sn/ZnO. Se estudió la actividad fotocatalítica del nanocatalizador hacia la degradación de contaminantes orgánicos como el colorante rodamina B, 2-clorofenol, fenol, 2,4-

diclorofenol y 2,4-dinitrofenol. Después de 90 min se logró la degradación completa de rodamina B (95%) y fenol (94%) y sus derivados bajo radiación visible. La alta fotoactividad del nanocatalizador se puede atribuir al efecto combinado de mayor intensidad de absorción de luz, mayor vida útil del par electrón-agujero, menor tasa de recombinación electrón-agujero, mayor estabilidad, mayor área de superficie y efecto sinérgico entre el metal nanopartículas y material de soporte.

(Sahoo et al., 2021) desarrollaron un método bio-hidrotermal libre de químicos y amigable con el medio ambiente para sintetizar nanopartículas (NP) de ZnO–ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> utilizando extracto de hoja de *Psidium guajava*. El material compuesto sintetizado se utilizó para la eliminación de tintes altamente tóxicos de rojo Congo (CR) y azul de metileno (MB) mediante el método de adsorción por lotes. Los procesos de adsorción siguen la cinética de Pseudo-segundo orden y los modelos de isoterma de Langmuir. Se encontró que la capacidad máxima de adsorción era 120,32 mg/g para CR y 90,35 mg/g para MB a la solución pH = 6 y pH = 8 respectivamente.

En el trabajo de (Namini et al., 2021), se sintetizó con éxito un nuevo nanocompuesto de ZnO/NiCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sensible a la luz visible mediante un procedimiento hidrotermal. Los experimentos de captura revelaron que las especies activas predominantes en las reacciones fotocatalíticas eran –OH y el agujero. Además, se estudiaron la durabilidad y la reutilización del nanocompuesto de ZnO/NiCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> realizando 4 ejecuciones consecutivas. Se espera que este trabajo proporcione conocimientos a los investigadores en el diseño, preparación y uso de nanocompuestos nuevos y eficientes en varios procesos fotocatalíticos.

En el trabajo de (Sadiq et al., 2021), las NP de ZnO se sintetizaron mediante síntesis biogénica. La fotocatalisis de NP de ZnO sintetizadas se observó mediante la degradación del azul de metileno (MB, un tinte tóxico) bajo la luz solar que sigue una cinética de pseudo primer orden. Las nanopartículas sintetizadas ayudan eficazmente a degradar el colorante MB en casi un 91,4% a pH 7 y 180 min de tiempo de exposición y bajo la luz solar. Mediante el uso de este método biogénico, las nanopartículas se pueden sintetizar y utilizar en la eliminación de otros tintes nocivos.

La nanotecnología se aplica ampliamente en muchos campos como la química física, la ingeniería eléctrica, las ciencias de los materiales y las ciencias de la vida (Louis y Pluchery, 2017). Hay varias ventajas en el uso de la nanotecnología. Debido a sus propiedades de reducción química, alta área superficial y reactividad superficial de las nanopartículas, pueden usarse como una solución alternativa y altamente efectiva para la limpieza ambiental (Muthu et al., 2016). La nanotecnología implica la creación y manipulación de materiales a escala nanométrica (nm), ya sea escalando grupos individuales de átomos o refinando o reduciendo materiales a granel. Un nanómetro es  $1 \times 10^{-9}$  m o una millonésima de milímetro. Las propiedades de muchos materiales convencionales cambian cuando se forman a partir de nanopartículas. Por lo general, esto se debe a que las nanopartículas tienen una mayor área de superficie por peso que las partículas más grandes, lo que hace que sean más reactivas con algunas otras moléculas. Las nanopartículas se utilizan, o se están evaluando para su uso, en muchos campos (Rawat et al., 2021).

La nanopartícula de óxido de zinc no es tóxica y se puede utilizar como absorbente para la eliminación de contaminantes ambientales. Las nanopartículas de óxido de zinc han atraído intensos esfuerzos de investigación por sus propiedades únicas y aplicaciones versátiles en electrónica transparente, emisores de luz ultravioleta (UV), dispositivos piezoeléctricos, sensores químicos y electrónica de espín. El ZnO se ha sintetizado mediante diversas técnicas, incluido el método químico húmedo, el método sol-gel, el método de síntesis hidrotermal, la deposición de vapor químico, el método de precipitación, el método de condensación por vaporización láser y el método de pirólisis por aspersión (Arote et al., 2019; Irshad et al., 2018; Khan et al., 2021; Kotresh et al., 2021; Lee et al., 2021; Sahoo et al., 2021; Shankar et al., 2020).

El óxido de zinc es un semiconductor inorgánico cristalino biocompatible y es comparativamente económico. Puede producirse en un entorno de laboratorio empleando diversas rutas sintéticas. Esto, a su vez, permite la exploración completa de sus propiedades únicas, que es muy demandada en dimensiones a nanoescala debido a potenciales exclusivos en todos los estadios científicos. Además, el material tiene buena fotoestabilidad, estabilidad térmica, amplio rango de adsorción y amplio intervalo de banda, lo que lo convierte en un

sustituto rentable de los nanomateriales de titanio en la fotocatalisis (Prasad et al., 2018, 2019).

Las aguas residuales hospitalarias generadas por diversos servicios (laboratorios, cirugía, policlínica, lavandería, cocina, etc.) contienen una amplia gama de macrocontaminantes ( $\text{DBO}_5$ , DQO, SS, etc.) y microcontaminantes (productos farmacéuticos y de cuidado personal, disruptores endocrinos, otras drogas, etc.) en diversas concentraciones. Como principal fuente de microcontaminantes en el medio ambiente, muchos estudios apuntan a la descarga de aguas residuales hospitalarias debido al hecho de que las concentraciones de microcontaminantes en las aguas residuales hospitalarias son mucho más altas que las de las aguas residuales municipales. Por otro lado, se considera que las aguas residuales hospitalarias tienen características contaminantes similares a las aguas residuales domésticas en términos de parámetros convencionales. Por lo tanto, generalmente se descarga directamente al alcantarillado sin ningún tratamiento previo en muchos países si hay una línea cerca (Bertrand-Krajewski et al., 2021). Recientemente, se argumenta que las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales no están diseñadas para eliminar microcontaminantes y no eliminarlos permitiría la entrada de un amplio espectro de compuestos en el medio ambiente que causan daños a la salud humana y al ecosistema (Afonso-Olivares et al., 2016). Los hospitales que no tienen una línea de alcantarillado en las inmediaciones deben tratar sus aguas residuales en el lugar. Sin embargo, falta en la literatura una caracterización detallada de las aguas residuales hospitalarias, que se requiere tanto para la prevención de la contaminación en la fuente como para la selección de la tecnología de tratamiento (Hocaoglu et al., 2021).

La caracterización fisicoquímica de las aguas residuales hospitalarias lo realizó (Hocaoglu et al., 2021) mediante el monitoreo de muestras compuestas diarias recolectadas cada tres meses en un año, para tener una cobertura completa de las variaciones estacionales. Las características reveladas en términos de parámetros principales como concentraciones promedio, mínimos, máximos y desviaciones estándar se presentan en la Tabla 1.

*Tabla 1. Caracterización convencional de aguas residuales hospitalarias según Hocaoglu et al.*

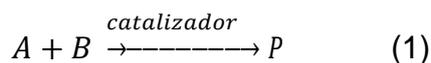
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Del estudio</b>	<b>Min-Max</b>
pH	-	6,6	5,6-7,2
DQO	mg/L	785	263-2325
DBO <sub>5</sub>	mg/L	221	35-471
Color	mg/L	98	41-219
Aceite-grasa	mg/L	9	0,9-35,4
Fósforo total (P)	mg/L	7	0,7-15,5
Nitrógeno total (TN)	mg/L	69	38-105
NH <sub>4</sub> -N	mg/L	41	25-55
Sólidos suspendidos	mg/L	283	102-1060
Sulfato	mg/L	48	19-86
Fenol	mg/L	0,2	0,1-0,6
Cloro libre	mg/L	0,2	0,1-0,4
Halógeno orgánico adsorbible	mg/L	8,3	3,2-32
Formaldehído	mg/L	0,4	0,1-1,2
Tensioactivos que reaccionan con azul de metileno	mg/L	0,8	0,1-2,9
Cianuro total (T.CN <sup>-</sup> )	μg/L	2,6	1-7,8
Arsénico (As)	μg/L	1,2	0,5-2,3
Cromo total (Cr)	μg/L	3,1	0,7-7,5
Cobre total (Cu)	μg/L	42,4	31,6-69,6
Gadolinio (Gd)	μg/L	20	1-52,9
Níquel total (Ni)	μg/L	6,7	3,8-10,4
Plomo total (Pb)	μg/L	5,2	2-14,1
Estaño total Sn)	μg/L	13,5	10-27,3
Zinc total (Zn)	μg/L	263	57-594
Mercurio total (Hg)	μg/L	1,6	0,1-7,4

Fuente: (Hocaoglu et al., 2021)

El fenol es un contaminante orgánico persistente de amplia difusión que está comúnmente presente en las corrientes de efluentes farmacéuticos, hospitalarios, industriales, como las de las industrias petroquímicas, las fábricas de pulpa kraft, la producción de aceite de oliva y otras industrias químicas. Dado que el fenol es dañino para los organismos incluso en concentraciones bajas y

es difícil de clasificar biológicamente, se ha clasificado como un contaminante prioritario en las aguas residuales hospitalarias. Hay muchos métodos de tratamiento físico y químico disponibles para la eliminación de fenol, pero todos estos métodos tienen problemas asociados, como efluentes secundarios, productos finales peligrosos y nocivos, alto consumo de energía, no económicos, etc. Estos problemas pueden superarse mediante el uso de nanotecnología que es simple en comparación con los otros métodos y es posible la eliminación completa de los contaminantes (Dineshkumar et al., 2015).

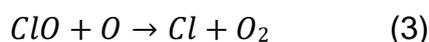
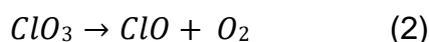
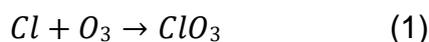
Un catalizador agiliza la reacción química formando enlaces con las moléculas de reacción permitiendo obtener un producto que, se desprende del catalizador, logrando mantener este producto para futuras reacciones. De hecho, se podría definir la reacción catalítica como un suceso cíclico donde el catalizador participa y se recupera en su forma original al final del ciclo. Por ejemplo:



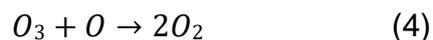
La reacción catalítica inicia a través de la unión de los reactivos A y B al catalizador, en una reacción espontánea. Por lo tanto, la formación de este complejo es exotérmica y la energía libre disminuye. Luego sigue la reacción entre A y B mientras están unidos al catalizador. Este paso está asociado con una energía de activación; sin embargo, es significativamente menor que para la reacción no catalizada. Finalmente, el producto P se separa del catalizador en una etapa endotérmica (Chorkendorff y Niemantsverdriet, 2015).

### A. Catálisis homogénea

En la catálisis homogénea, se considera el catalizador como los reactivos en la misma fase, es decir, todos son moléculas en la fase gaseosa o, más usualmente, en la fase líquida. Uno de los ejemplos más simples se encuentra en la química atmosférica. El ozono en la atmósfera se descompone, entre otras vías, mediante una reacción con átomos de cloro (Chorkendorff y Niemantsverdriet, 2015).



O en general



El ozono puede descomponerse espontáneamente, y también bajo la influencia de la luz, pero un átomo de Cl acelera tremendamente la reacción. Como deja inalterado el ciclo de reacción, el átomo de Cl es un catalizador (Chorkendorff y Niemantsverdriet, 2015).

### **B. Catálisis heterogénea**

En la catálisis heterogénea, los sólidos catalizan las reacciones de las moléculas en gas o solución. Como los sólidos, a menos que sean porosos, son normalmente impenetrables, las reacciones catalíticas ocurren en la superficie. Para usar los materiales a menudo costosos (por ejemplo, platino) de una manera económica, los catalizadores suelen ser partículas de tamaño nanométrico, apoyadas en una estructura inerte y porosa. Los catalizadores heterogéneos son los caballos de batalla de la industria química y petroquímica (Chorkendorff y Niemantsverdriet, 2015).

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación fue aplicada porque según (Escudero y Cortez, 2018), este tipo de investigación emplea conocimientos teóricos y estudios realizados por investigadores para la resolución de un problema de investigación. En este trabajo se realizó la investigación y revisión bibliográfica acerca de la reducción de fenol de aguas residuales hospitalarias sintéticas empleando nanopartículas de ZnO.

El diseño de investigación que se aplicó fue un diseño experimental factorial. Según (Fernández, 2020) este tipo de diseño evalúa la interacción de las variables independientes y su influencia en la variable dependiente, el investigador controla las variables independientes (masa, pH y tiempo).

Tabla 2. Diseño factorial para la reducción de fenol

Masa de nanopartículas de ZnO (g)	pH inicial	Tiempo de contacto (min)	Réplica I (ppm)	Réplica II (ppm)	Réplica III (ppm)
0,2	3	30	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,2	3	60	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,2	6	30	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,2	6	60	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,8	3	30	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,8	3	60	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,8	6	30	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol
0,8	6	60	Cf_Fenol	Cf_Fenol	Cf_Fenol

Dónde: Cf\_Fenol es la concentración final de fenol

### 3.2. Variables y Operacionalización

#### Variables

**Independiente:** Nanopartículas de ZnO

**Dependiente:** Reducción del fenol

Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES		INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE: Nanopartículas de ZnO	Partículas que son más pequeñas que 100 nanómetros (dimensiones entre 1nm – 100 nm) conformadas por óxido de zinc en escala nano. (Durán et al., 2021)	Nanopartículas compuestas por óxido de zinc que actuarán como adsorbentes de fenol disueltos en una solución acuosa, logrando reducir la concentración de fenol	Características de las nanopartículas de ZnO		Tamaño de nanopartícula	nm
					Color	Adimensional
					Miscibilidad	Adimensional
					Pureza	%
			Características fisicoquímicas Fenol		Color	Adimensional
					Miscibilidad	Adimensional
					Pureza	%
			Cantidades optimas	Temperatura de solidificación	°C	
				Masa de nanopartículas de ZnO	0,2 0,8	g
				pH inicial	3 6	Adimensional
	Tiempo de contacto	30 60	Min			
DEPENDIENTE: Reducción de fenol	El fenol es un compuesto altamente tóxico presente en las industrias farmacéuticas, petroquímicas, químicas, y agroalimentarias. La reducción de fenol consiste en la disminución de la concentración inicial de fenol. (Centeno-Bordones & Pernía, 2020)	Para determinar la reducción de fenol se verterá la muestra de agua residual sintética de fenol 5 ppm preparada en un vaso de precipitados de 150 mL, se añadirá las masas de nanopartículas de ZnO, se ajustará el pH inicial y se colocará en un agitador magnético por periodos de tiempo, se filtrará las muestras con papel Whatman y se analizará la concentración final de fenol.	% de reducción de fenol		Concentración inicial de fenol  Concentración final de fenol	ppm (mg/L)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

La población son las aguas residuales sintéticas de fenol preparadas en laboratorio.

#### Muestra

La muestra es de 200 mL de solución acuosa de fenol, empleado para realizar el desarrollo experimental de reducción de fenol de las aguas residuales sintéticas utilizando las nanopartículas de ZnO en cada tratamiento.

#### Muestreo

Son 3 réplicas de 8 tratamientos cada uno, haciendo un total de 24 tratamientos experimentales, el cual requiere 4800 mL de agua residual sintética.

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

Las técnicas corresponden a la revisión bibliográfica y experimentos en el laboratorio.

Las técnicas e instrumentos se detallan en la **Tabla 4**:

*Tabla 4. Técnicas e instrumentos que se utilizaron en el proyecto de investigación*

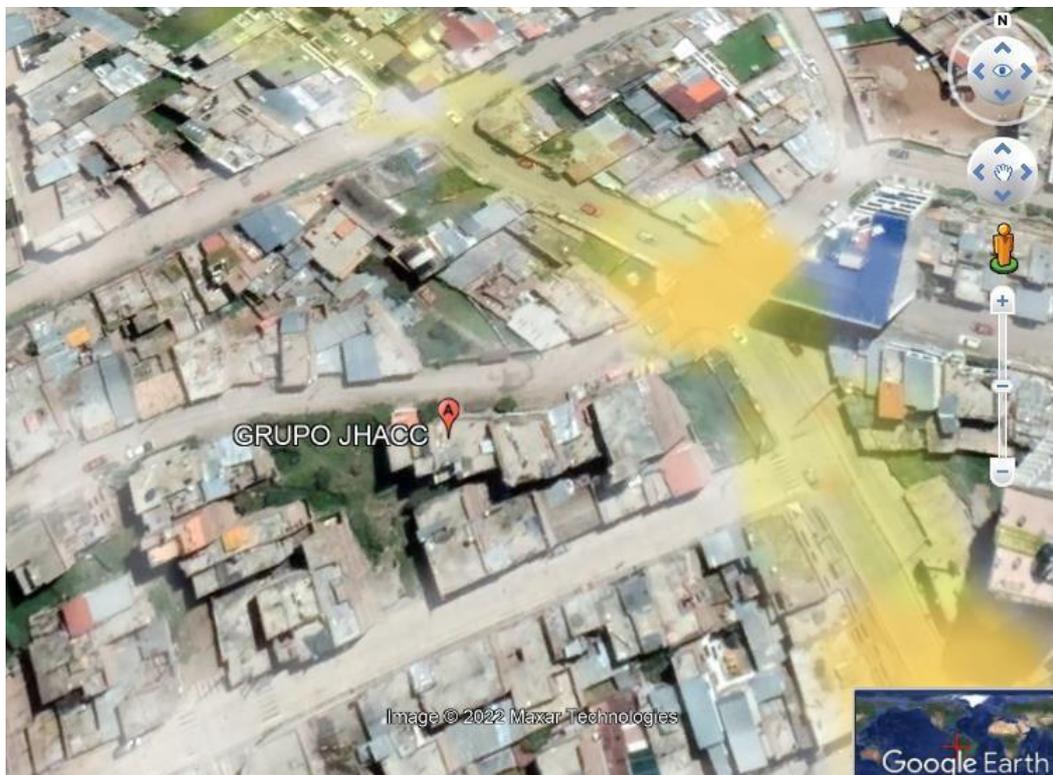
ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Estudio del trabajo de investigación	Material bibliográfico	Observación	Artículos científicos	Información de las nanopartículas de ZnO
Obtención de aguas residuales sintéticas	Material bibliográfico	Observación	Artículos científicos	Agua residual sintética
Montaje experimental: acondicionamiento del fotorreactor	Material bibliográfico	Observación	Módulo	Tratamiento de las aguas residuales sintéticas
Reducción de fenol	Fotorreactor	Observación	Reportes de laboratorio	Aguas residuales sintéticas tratadas

<b>Análisis de resultados</b>	Resultados de los análisis realizados	Observación	Aguas residuales sintéticas	Concentración de fenol inicial
	Resultados de las mediciones realizadas	Observación	Reportes de laboratorio	Cantidad de fenol reducido

### 3.5. Procedimiento

#### 3.5.1. Ubicación de la investigación

La investigación se desarrolló en el laboratorio de la empresa GRUPO JHACC SAC ubicado en la Av. Santa Rosa N° 1361 de la provincia de Huancayo, tal como se observa en la figura 1.



**Figura 1.** Ubicación del laboratorio GRUPO JHACC SAC  
Fuente: Google Earth

El laboratorio de análisis químico de la empresa GRUPO JHACC SAC se encuentra a latitud de 12° 4.037'S y longitud 75° 13.370'O a una altura de 3234 m.s.n.m.

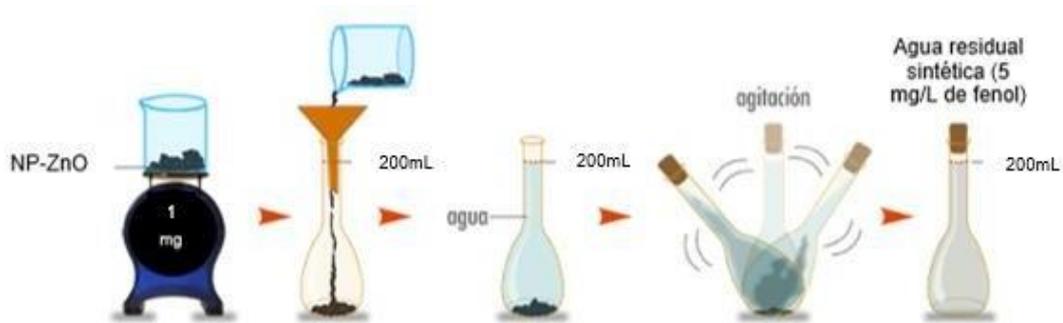
El desarrollo experimental constó de 3 etapas de investigación empleando el método experimental en la reducción de fenol empleando como catalizador las nanopartículas de ZnO.

### 3.5.2. Preparación de las aguas residuales sintéticas

La preparación de las aguas residuales sintéticas y la concentración inicial fue adaptado del estudio realizado por (Sridhar et al., 2018b) y (Hocaoglu et al., 2021) respectivamente

Se realizaron 3 réplicas de 8 tratamientos cada uno, cada tratamiento se realizó con 200 mL de agua residual sintética necesitando en total 4800 mL de agua contaminada con fenol.

Se consideró una concentración inicial de fenol de 5 ppm (mg/L) para lo cual se procedió a diluir 1 mg de fenol en 200 mL de agua destilada.



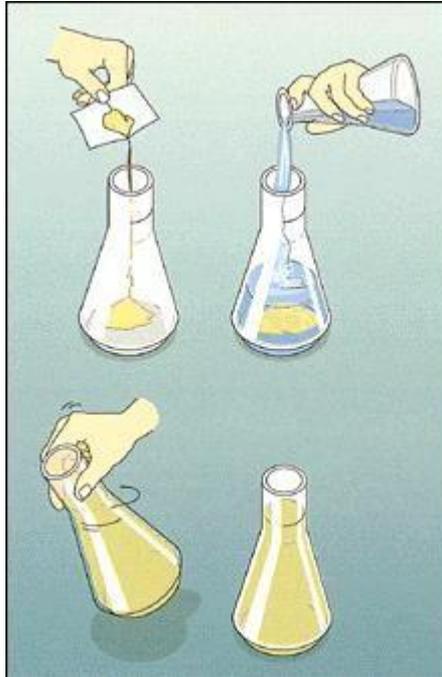
Entonces, cada réplica son 8 tratamientos, cada tratamiento es 200 mL de agua residual sintética con una concentración de 5 mg/L de fenol cada uno.



### 3.5.3. Prueba experimental

Para realizar la prueba experimental nos basamos en el trabajo de investigación realizado por (Sridhar et al., 2018b).

- Se añadió las masas de nanopartículas de ZnO (0,2 g y 0,8 g) en una fiola y se vertió 200 mL de la muestra de agua residual sintética de fenol 5 ppm preparada.



- Se ajustó el pH inicial a 3 y 6 con HCl 0.1N o NaOH 0.1M



- Se colocó el vaso de precipitado en un agitador magnético por periodos de 30 min y 60 min a 30°C y agitación constante (200 RPM).



- Terminado el tiempo de agitación se filtra las muestras con papel Whatman.



- El líquido filtrado es llevado a analizar para determinar la concentración final de fenol mediante el método 4-aminoantipirina.

En general, para cada tratamiento se trabajaron con 200 mL de agua sintética contaminada con fenol.

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

El trabajo se planteó bajo el diseño factorial de  $2^3$  con 3 factores (pH, masa de nanopartículas de ZnO y Tiempo) y dos niveles para cada factor, cada uno tendrá tres repeticiones siendo un vaso con 200 mL la unidad experimental, los resultados se evaluarán mediante el análisis de varianza Anova, para la significancia se usará la prueba de contraste de Tukey y para la construcción de figuras y tablas el software Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

El trabajo 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 ajusta 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 con un 15% de copia.

Las veracidades de los datos se sustentan con las fotografías e informes de laboratorio presentados.

#### **IV. RESULTADOS**

#### 4.1. Características de las nanopartículas de ZnO

Tabla 5. Características de las NP-ZnO

Nanopartículas de ZnO	
Tamaño	20 nm
Color	Blanco
Miscibilidad	Soluble
Pureza	99,9%



La tabla 5 menciona 4 características de las nanopartículas de ZnO que se emplearon en el tratamiento experimental; destacando su tamaño de 20nm de color blanco con una pureza del 99,9% y una capacidad de ser soluble en distintas soluciones.

#### 4.2. Características fisicoquímicas del fenol

Tabla 6. Características fisicoquímicas del fenol

Fenol	
Temperatura de solidificación	$\geq 39,5^{\circ}\text{C}$
Color	Cristales incoloros
Miscibilidad	Soluble
Pureza	90%



La tabla 6 menciona 4 características fisicoquímicas del fenol que se emplearon en el tratamiento experimental; mencionando su temperatura de solidificación  $\geq 39,5^{\circ}\text{C}$ , cristales incoloros con una pureza del 90% y una capacidad de ser soluble en distintas soluciones.

#### 4.3. Cantidades optimas de masa de nanopartículas ZnO, pH y tiempo de contacto en la reducción del fenol

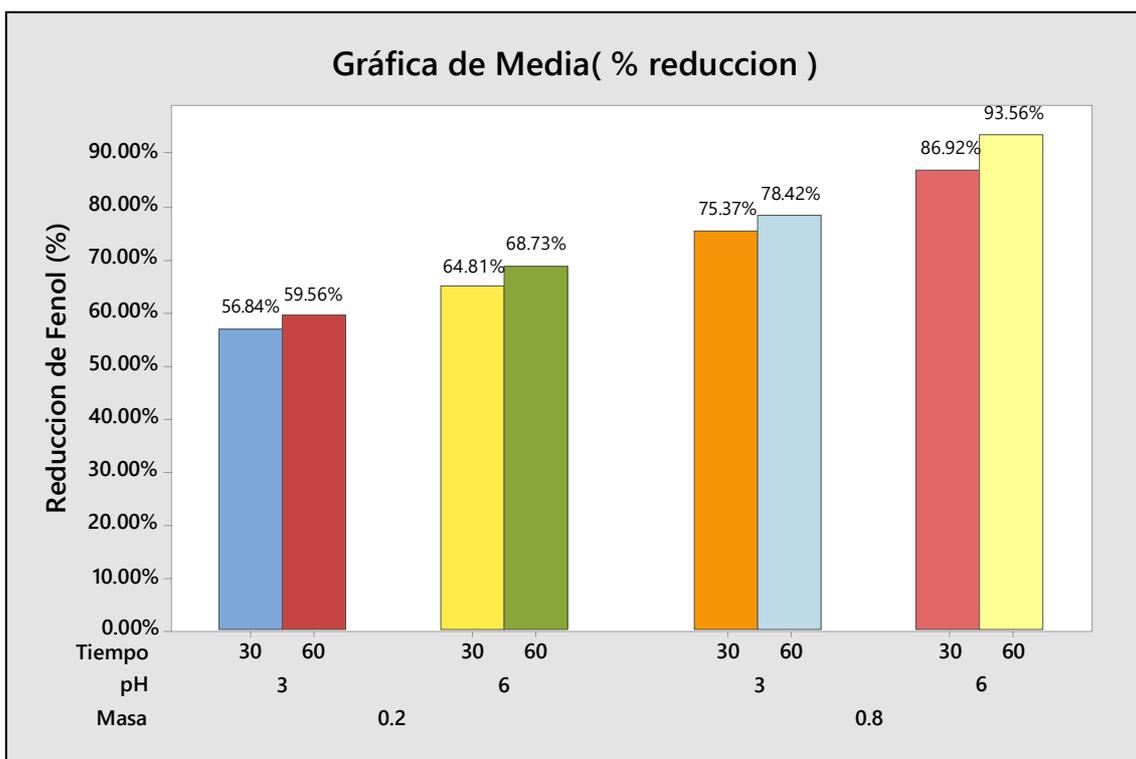
Se preparó la solución acuosa contaminada con Fenol 5 ppm en el laboratorio del Grupo JHACC SAC, y se comprobó posteriormente si se logró la concentración inicial planteada. Al leer la concentración inicial de fenol preparado nos mostró un resultado de 5,02 ppm; este pequeño error en la concentración inicial se presenta porque siempre hay un margen de error en las mediciones que realiza el investigador en el laboratorio. De todas maneras, se acepta el resultado.

Para determinar las cantidades optimas se evaluó la masa de adsorbente de nanopartículas de ZnO (0,2 g – 0,8 g), pH (3 -6) y tiempo de contacto (30 min – 60 min), variables que lograron reducir el fenol de las soluciones sintéticas.

**Tabla 7.** Reducción del Fenol

REPETICIONES	N1 (0,2 g de NP-ZnO)				N2 (0,8 g de NP-ZnO)			
	P1 (3 de pH)		P2 (6 de pH)		P1 (3 de pH)		P2 (6 de pH)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min
R1 (ppm)	2,14	2,03	1,76	1,58	1,25	1,07	0,65	0,32
R2 (ppm)	2,19	2	1,79	1,54	1,2	1,1	0,67	0,31
R3 (ppm)	2,17	2,06	1,75	1,59	1,26	1,08	0,65	0,34
<b>Promedio</b>	2,17	2,03	1,77	1,57	1,24	1,08	0,66	<b>0,32</b>

La tabla 7 muestra la reducción del fenol, donde se tuvo la mayor reducción de 0,32 ppm de fenol con las condiciones óptimas de masa de nanopartículas de ZnO de 0,8g, pH de 6 y tiempo de contacto de 60 minutos.



**Figura 2.** Porcentaje de reducción del fenol

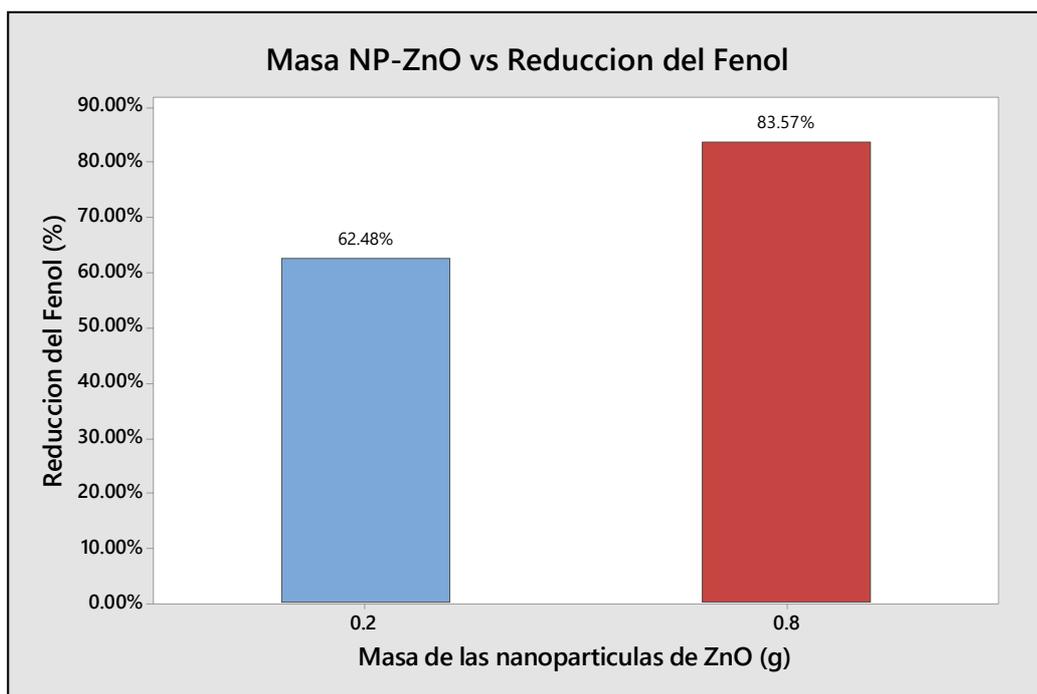
La figura 2 muestra los porcentajes de reducción del fenol, donde el mayor porcentaje de reducción se dio a una masa de 0,8 g; pH de 6 y tiempo de contacto de 60 minutos con un valor del 93,56 %.

#### A. Masa del adsorbente

**Tabla 8.** Análisis Tukey para el factor masa del adsorbente

Masa (g)	N	Media	Agrupación
0,8	12	0,8357	A
0,2	12	0,6248	B

La tabla 8 muestra el análisis de Tukey para el factor masa de adsorbente, donde se observa que existe una influencia significativa de la masa del adsorbente en la reducción del fenol, por tanto, a una masa de 0,8 g de nanopartículas de ZnO es la mejor en comparación con las otras masas utilizadas. Además, las letras A y B significan que los resultados muestran diferencias significativas.



**Figura 3.** Reducción de fenol con la masa de las nanopartículas de ZnO

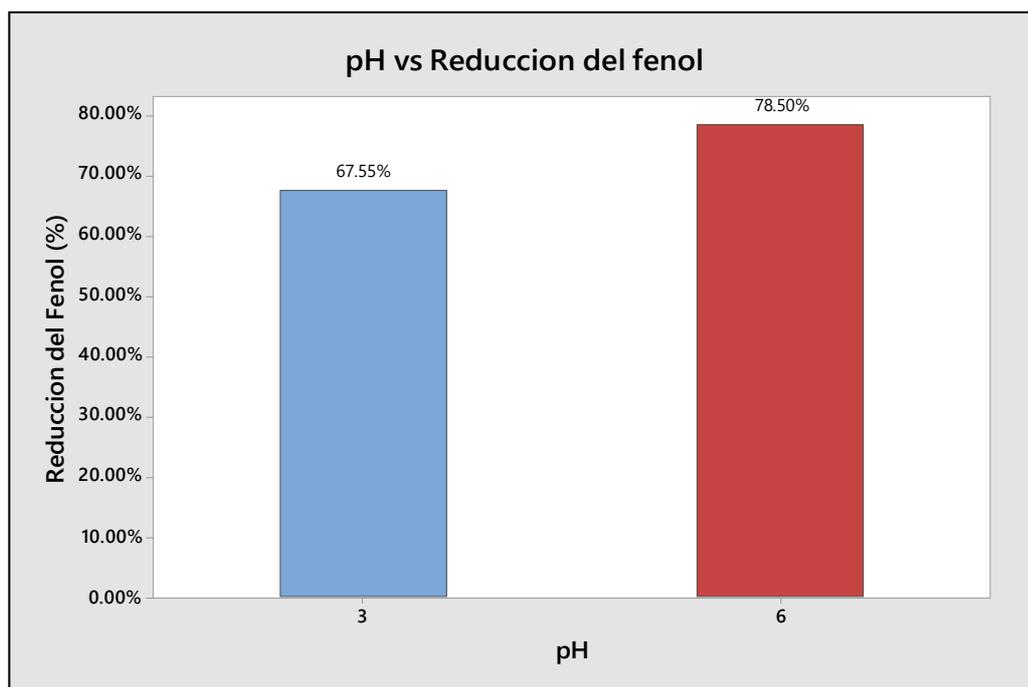
En la figura 3 se observa la gráfica del análisis de Tukey para el factor de la masa de nanopartículas de ZnO con respecto a la reducción de fenol, donde la masa optima se da a 0,8 g teniendo una reducción del 83,57 %.

## B. pH

**Tabla 9.** Análisis Tukey para el factor pH

pH	N	Media	Agrupación
6	12	0,7850	A
3	12	0,6755	B

De la tabla 9, se puede apreciar que un mayor pH obtiene una media mayor en la remoción de fenol. Además, las letras A y B significan que los resultados muestran diferencias significativas. De la evaluación de Tukey se aprueba la hipótesis alternativa, afirmando estadísticamente que, un pH mayor obtiene mayor reducción del fenol de las aguas residuales sintéticas empleando las nanopartículas de ZnO.



**Figura 4.** Reducción de fenol con la variación de pH

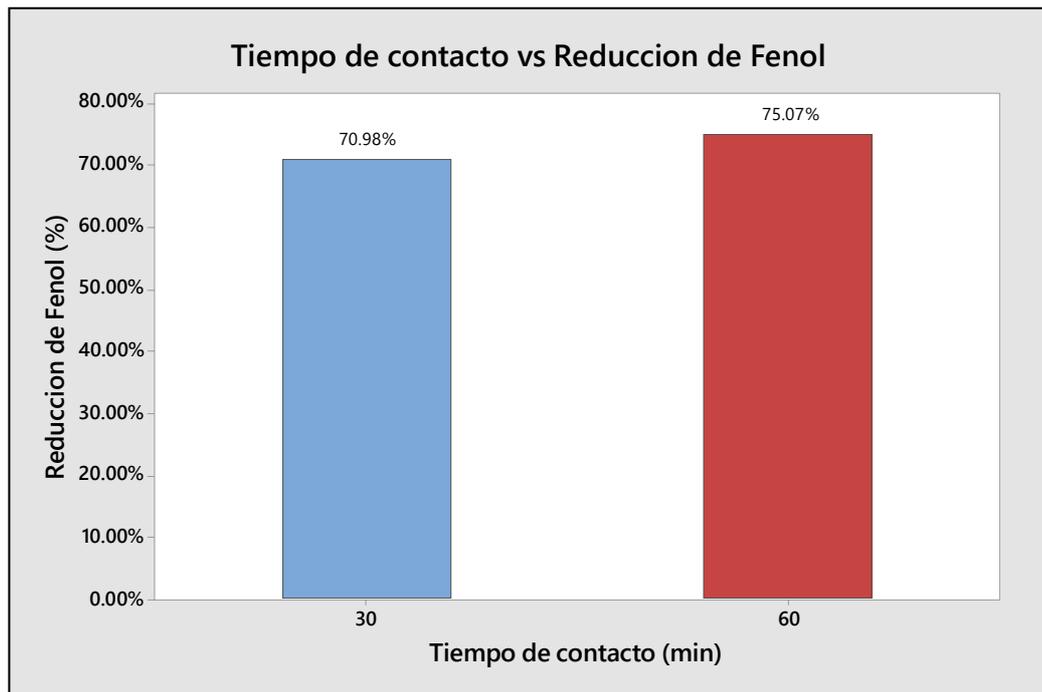
En la figura 4 se observa la gráfica del análisis de Tukey para el factor del pH con respecto a la reducción de fenol, donde el pH óptimo se da a 6 teniendo una reducción del 78,50 %.

### C. Tiempo de contacto

**Tabla 10.** Análisis Tukey para el factor tiempo

Tiempo (min)	N	Media	Agrupación
60	12	0,7507	A
30	12	0,7098	B

De la tabla 10, se puede apreciar que un mayor tiempo de contacto obtiene una media mayor en la remoción de fenol. Además, las letras A y B significan que los resultados muestran diferencias significativas. De la evaluación de Tukey se aprueba la hipótesis alternativa, afirmando estadísticamente que, un mayor tiempo de contacto logra mayor reducción de fenol empleando las nanopartículas de ZnO en el tratamiento de las aguas residuales sintéticas.



**Figura 5.** Reducción de fenol con la variación de pH

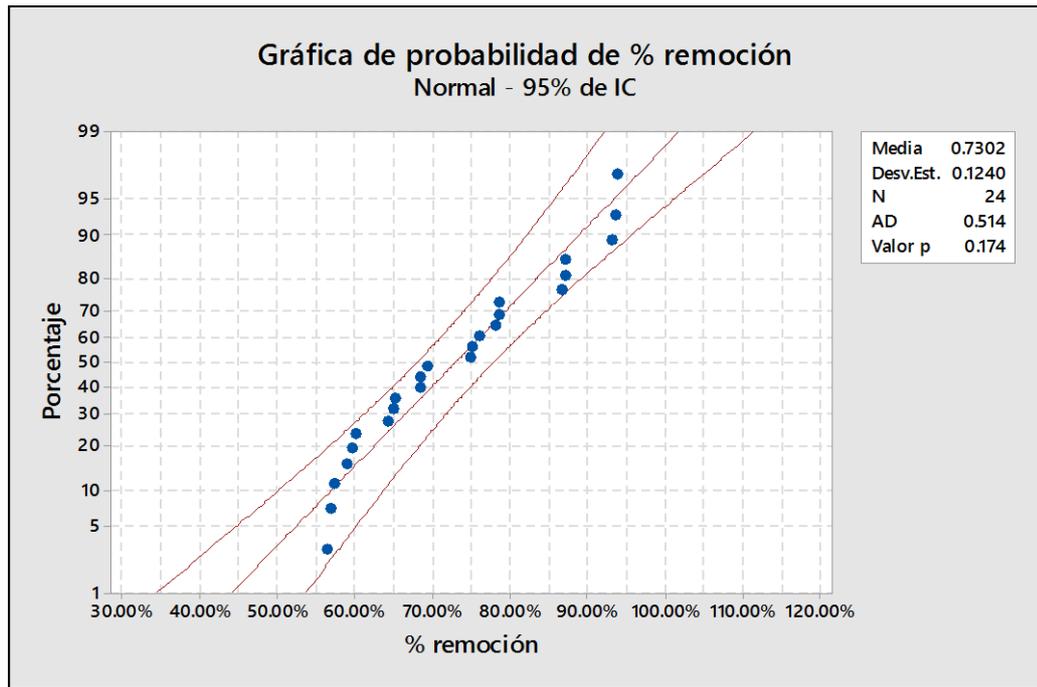
En la figura 5 se observa la gráfica del análisis de Tukey para el factor del tiempo de contacto con respecto a la reducción de fenol, donde el tiempo de contacto óptimo se da a 60 minutos teniendo una reducción del 78,50 %.

### **Contrastación de hipótesis**

Para la contrastación de hipótesis se empleó el software Minitab v18.0 Para realizar la contrastación de las hipótesis se evaluó si los resultados experimentales proceden de una población normal, planteándonos las siguientes hipótesis.

**H<sub>0</sub>:** Los resultados experimentales proceden de una población normal.

**H<sub>a</sub>:** Los resultados experimentales no proceden de una población normal.



**Figura 6.** Gráfica de probabilidad

De la figura 6 extraemos el valor p 0,174, este valor se compara con el nivel de significancia al que se evaluó los resultados 0,05; se tiene que:

$$0,174 > 0,05$$

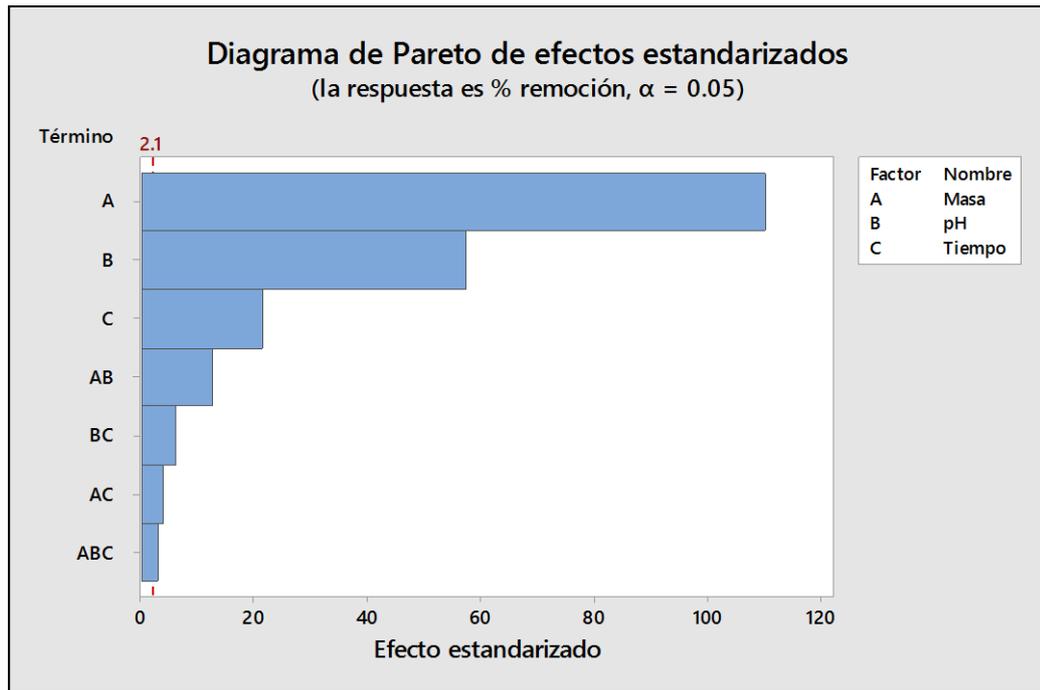
De esta comparación estadística se determina que se acepta la hipótesis nula; afirmando que, los resultados experimentales proceden de una población normal. Además, en la figura también se demuestra que los datos proceden de una población normal porque todos los puntos experimentales se encuentran cercano a la diagonal y dentro de las líneas curvas.

La tabla 11, muestra el análisis de varianza del diseño factorial experimental (ANOVA) para determinar la influencia de los factores: masa, pH y tiempo de contacto en la remoción de fenol.

**Tabla 11. Análisis de Varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	9	0,353590	0,039288	1784,67	0,000
Lineal	3	0,348707	0,116236	5280,08	0,000
Masa	1	0,266679	0,266679	12114,06	0,000
Ph	1	0,072023	0,072023	3271,67	0,000
Tiempo	1	0,010006	0,010006	454,52	0,000
Interacciones de 2 términos	3	0,004636	0,001545	70,19	0,000
Masa*pH	1	0,003429	0,003429	155,74	0,000
Masa*Tiempo	1	0,000350	0,000350	15,89	0,001
pH*Tiempo	1	0,000857	0,000857	38,94	0,000
Interacciones de 3 términos	1	0,000214	0,000214	9,73	0,008
Masa*pH*Tiempo	1	0,000214	0,000214	9,73	0,008
Error	14	0,000308	0,000022		
Total	23	0,353898			

De la tabla 11 se extrae el valor de p 0,000 para las variables masa, pH y tiempo; comparando con el valor de significancia 0,05, se observa que el valor p calculado por el software es menor a 0,05, por lo que estadísticamente afirma que, la masa, pH y tiempo de contacto influyen significativamente en la remoción de fenol. Los bloques son los resultados de cada réplica experimental, muestran el valor de p 0,490 que es mayor al valor de significancia 0,05; lo que estadísticamente afirma que, las réplicas no han mostrado grandes diferencias en los resultados.



**Figura 7.** *Diagrama de Pareto*

El diagrama de Pareto (Fig. 7) nos indica el orden de la influencia significativa de cada factor y la interacción entre los factores en la remoción de fenol. El valor estadístico calculado por el software fue 2.1, todas las barras que sobrepasen ese valor influyen significativamente en la remoción de fenol. Para la intensidad en la influencia, se puede apreciar en la figura que, el factor más influyente en la remoción de fenol es la masa, seguido del pH y el tiempo. La interacción de la masa y pH, pH y tiempo son más influyentes en la remoción de fenol que la interacción entre la masa y el tiempo. Finalmente, la interacción menos influyente es la de los tres factores, masa, pH y tiempo.

### **Contrastación de la hipótesis general**

**Ho:** Se logra un porcentaje menor a 70 % de reducción del fenol con nanopartículas de ZnO en el tratamiento de las aguas residuales sintéticas.

**Ha:** Se logra un porcentaje igual o mayor a 70 % de reducción del fenol con nanopartículas de ZnO en el tratamiento de las aguas residuales sintéticas.

Para la contrastación de la hipótesis general se aplicó el estadístico de T de Student, a los resultados de remoción de fenol obtenidos experimentalmente. (Ver tabla 12)

**Tabla 12.** *Análisis de T de Student*

N	Media	Desv.E st.	Error estándar de la media	IC de 95% para $\mu$	Valor T	Valor p
24	0,7302	0,1240	0,0253	(0,6779 - 0,7826)	-2,36	0,027

De la tabla 12, se observa un valor p 0,027 que es menor a 0,05; lo que estadísticamente significa que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula; afirmando que, se logra un porcentaje igual o mayor a 70 % de reducción del fenol con nanopartículas de ZnO en el tratamiento de las aguas residuales sintéticas.

### **Contrastación de las hipótesis específicas**

**Ho:** A mayores valores de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto no se tiene mayor influencia en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.

**Ha:** A mayores valores de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto se tiene mayor influencia en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.

De las evaluaciones de Tukey para cada factor de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto se aprueba la hipótesis alternativa, afirmando estadísticamente que, a mayores valores de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto se tiene mayor influencia en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvo en la caracterización de las nanopartículas de ZnO que se emplearon en el tratamiento experimental; destacando su tamaño de 20 nm de color blanco con una pureza del 99,9 % y una capacidad de ser soluble en distintas soluciones, Malayeri et al., (2015) también trabajo con un tamaño de nanopartícula de 20 nm. Daneshvar et al., (2007) examinaron partículas de ZnO de 14 nm y 33 nm en la misma situación para la eliminación de diazinón de una solución acuosa y se observó que la eficiencia de eliminación de fenol aumentaba con la disminución del tamaño de partícula de ZnO.

Las características fisicoquímicas del fenol en el desarrollo experimental fue; su temperatura de solidificación  $\geq 39,5^{\circ}\text{C}$ , cristales incoloros con una pureza del 90 % y una capacidad de ser soluble en distintas soluciones, de acuerdo a Nayak et al., (2020) indica que el fenol es un subproducto orgánico generado por diferentes industrias como tintes, pinturas, productos farmacéuticos, agroquímicos, bebidas, siendo un producto toxico, así mismo Pardeshi & Patil (2008) afirman, si la concentración inicial de fenol es alta, las moléculas de fenol se adsorben en la superficie de agua con óxido de zinc (ZnO), pero el tiempo de irradiación y los radicales OH y O<sub>2</sub> formados en la superficie de ZnO. Disminuye la reducción del fenol (Daneshvar et al., 2007).

Según Nayak et al., (2020) la degradación catalítica de fenol se llevó a cabo mediante el catalizador de nanopartículas de ZnO<sub>2</sub> bajo luz visible. Debido a la irradiación de la luz visible se genera una liberación de electrones, entonces los electrones son expulsados y los iones Zn (II) se reducen de esa manera se produce la reducción del fenol. Según Uribe et al. (2021), queda claro que los factores de recolección de luz visible, transferencia de electrones, naturaleza reducible del Zn, recombinación reducida de huecos de electrones y la conductividad eléctrica, son responsables de la degradación fotocatalítica del fenol.

La máxima eficiencia de remoción de fenol fue con 0,8 g de nanopartículas de ZnO con un 83,57%. De acuerdo a Sridhar et al., (2018b), obtuvo la misma influencia de la cantidad de adsorbente en la eliminación de fenol, afirmando que el aumento de la dosis de nanopartículas de ZnO aumenta la eliminación de fenol; donde, la máxima eficiencia de degradación del fenol fue del 91 % con 5 g/L. El efecto del pH de la solución se evaluó dentro del rango de pH de 3,0 a

6,0. El aumento en el pH inicial efectuó la eliminación de fenol y se encontró que un pH de 6 era el que logró mayor remoción de fenol con un 78,50 %, por ende en el estudio de Saeedi et al., (2015) evaluaron el  $pH_{zpc}$  (punto de carga cero) de las nanopartículas de ZnO en 8,60; afirmando que, a niveles de pH superiores a este, la carga superficial era negativa y a niveles de pH inferiores a este, las partículas tenían una carga superficial positiva. Por lo expuesto por Saeedi et al., (2015) el pH menor a 8,60 logra atraer a los fenoles, razón por el cual en los resultados estadísticos se puede apreciar una remoción de fenol de 78,50 % con un pH 6.

El tiempo de contacto de 60 minutos tuvo un 70,98 % de reducción de fenol, según Zanella, (2014) los catalizadores (nanopartículas de ZnO) son compuestos que aceleran la velocidad del sistema y superan la prueba del tiempo. Pardeshi y Patil, (2008) también han llegado a resultados similares en sus estudios. Además, Malayeri et al., (2015), en un estudio sobre la eliminación de fenol mediante el método fotocatalítico y nanopartículas de ZnO, concluyó que un aumento en el tiempo de contacto conduce a un aumento en la eficiencia de eliminación de fenol.

## **VI. CONCLUSIONES**

En la caracterización de las nanopartículas de ZnO se determinó que el tamaño promedio para el presente trabajo es de 20nm, es de color blanco con una pureza del 99,9% y una capacidad de ser soluble en distintas soluciones.

La característica física del fenol presenta una temperatura de solidificación  $\geq 39,5^{\circ}\text{C}$ , cristales incoloros con una pureza del 90 %, una capacidad de ser soluble en distintas soluciones y una concentración inicial de 5,02 ppm.

La determinación de las cantidades optimas según los tratamientos (8) para la reducción del fenol fue el tratamiento 8 (masa nanopartícula 0,8g, pH de 6 y tiempo de contacto de 60 minutos.) el mejor obteniendo reducciones de 0,32 ppm (93,56 %) de fenol.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar mayores trabajos de investigación en la modificación de las nanopartículas de ZnO y comparar la eficiencia en la remoción de fenol en soluciones sintéticas.
- Realizar estudios de la cinética de las nanopartículas de ZnO en la remoción de fenol en soluciones sintéticas.
- Profundizar trabajos de investigación en nanopartículas de ZnO en la remoción de otros componentes de las aguas residuales hospitalarias.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Afonso-Olivares, C., Fernández-Rodríguez, C., Ojeda-González, R. J., Sosa-Ferrera, Z., Santana-Rodríguez, J. J., & Rodríguez, J. M. D. (2016). Estimation of kinetic parameters and UV doses necessary to remove twenty-three pharmaceuticals from pre-treated urban wastewater by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 329, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2016.06.018>
- Arote, S. A., Pathan, A. S., Hase, Y. V., Bardapurkar, P. P., Gapale, D. L., & Palve, B. M. (2019). Investigations on synthesis, characterization and humidity sensing properties of ZnO and ZnO-ZrO<sub>2</sub> composite nanoparticles prepared by ultrasonic assisted wet chemical method. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55(January), 313–321. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.012>
- Bertrand-Krajewski, J.-L., Bournique, R., Lecomte, V., Pernin, N., Wiest, L., Bazin, C., Bouchez, A., Brelot, E., Cournoyer, B., Chonova, T., Dagot, C., Majo, P. Di, Gonzalez-Ospina, A., Klein, A., Labanowski, J., Levi, Y., Perrodin, Y., Rabello-Vargas, S., Reuilly, L., ... Wahl, A. (2021). SIPIBEL observatory: Data on usual pollutants (solids, organic matter, nutrients, ions) and micropollutants (pharmaceuticals, surfactants, metals), biological and ecotoxicity indicators in hospital and urban wastewater, in treated effluent and sludge from. *Data in Brief*, 40, 107726. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107726>
- Biswas, S., Diwakar, R. K., Behera, I. D., Meikap, B. C., Sen, T. K., & Khiadani, M. (2020). Aqueous phase phenol removal from synthetic and real steel plant effluents through a batch and Semifluidized bed column operation: Experimental and model analysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104441. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104441>
- Centeno-Bordones, G., & Pernía, L. (2020). Degradación de fenol e identificación por HPLC de los productos generados utilizando lodo rojo como catalizador en procesos de oxidación avanzada solar. *INGENIERÍA UC*, Vol. 27, n, 150–164.
- Chorkendorff, I., & Niemantsverdriet, J. W. (2015). Introduction to Catalysis 1.1. *Concepts of Modern Catalysis and Kinetics*, 3–21. <https://doi.org/10.1002/3527602658.ch4>
- Daneshvar, N., Aber, S., & Dorraji, M. (2007). Preparation and investigation of photocatalytic properties of ZnO nanocrystals: effect of operational parameters and kinetic study. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5(5), 267–272. <http://waset.org/journals/waset/v5/v5-49.pdf>
- Deng, S., Jothinathan, L., Cai, Q., Li, R., Wu, M., Ong, S. L., & Hu, J. (2021). FeOx@GAC catalyzed microbubble ozonation coupled with biological process for industrial phenolic wastewater treatment: Catalytic performance, biological process screening and microbial characteristics. *Water Research*, 190, 116687. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116687>
- Dhiman, N., & Sharma, N. (2019). Removal of pharmaceutical drugs from binary mixtures by use of ZnO nanoparticles: (Competitive adsorption of drugs).

*Environmental Technology and Innovation*, 15, 100392.  
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100392>

- Dineshkumar, M., Sivalingam, A., & Thirumarimurugan, M. (2015). Removal of Phenol using ZnO Nanoparticle in Three Phase Fluidization. *International Journal of Engineering Research And*, V4(03), 1111–1116.  
<https://doi.org/10.17577/ijertv4is031155>
- Durán, E. M., Moreno, D. H., Prado, M., Santiyán, M., Rodríguez, F. S., & López, M. P. (2021). *Las nanopartículas y sus aplicaciones*.
- Ebrahimian, J., Mohsennia, M., & Khayatkashani, M. (2021). Catalytic and photocatalytic activity of *Urtica dioica*-mediated ZnO nanoparticles. *Optical Materials*, 120(January), 111404.  
<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.111404>
- Escudero, C. L. S., & Cortez, L. A. S. (2018). Tecnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. *Utmach*, 1, 15/124.  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14207/1/Cap.1-Introducción a la investigación científica.pdf%0Awww.utmachala.edu.ec](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14207/1/Cap.1-Introducción%20a%20la%20investigación%20científica.pdf%0Awww.utmachala.edu.ec)
- Fernández, S. B. (2020). DISEÑO DE EXPERIMENTOS: DISEÑO FACTORIAL. In *BarcelonaTECH* (Vol. 2, Issue 4).
- Hocaoglu, S. M., Celebi, M. D., Basturk, I., & Partal, R. (2021). Treatment-based hospital wastewater characterization and fractionation of pollutants. *Journal of Water Process Engineering*, 43(June), 102205.  
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102205>
- Irshad, K., Khan, M. T., & Murtaza, A. (2018). Synthesis and characterization of transition-metals-doped ZnO nanoparticles by sol-gel auto-combustion method. *Physica B: Condensed Matter*, 543(May), 1–6.  
<https://doi.org/10.1016/j.physb.2018.05.006>
- Khan, M. A., Nayan, N., Ahmad, M. K., Fhong, S. C., Mohamed Ali, M. S., Mustafa, M. K., & Tahir, M. (2021). Interface study of hybrid CuO nanoparticles embedded ZnO nanowires heterojunction synthesized by controlled vapor deposition approach for optoelectronic devices. *Optical Materials*, 117(February), 111132.  
<https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.111132>
- Kotresh, M. G., Patil, M. K., & Inamdar, S. R. (2021). Reaction temperature based synthesis of ZnO nanoparticles using co-precipitation method: Detailed structural and optical characterization. *Optik*, 243(May), 167506.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2021.167506>
- Kumar, S., Kaushik, R. D., & Purohit, L. P. (2021). Novel ZnO tetrapod-reduced graphene oxide nanocomposites for enhanced photocatalytic degradation of phenolic compounds and MB dye. *Journal of Molecular Liquids*, 327, 114814. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114814>
- Lee, Y., Fujimoto, T., Yamanaka, S., & Kuga, Y. (2021). Evaluation of photocatalysis of Au supported ZnO prepared by the spray pyrolysis method.

*Advanced Powder Technology*, 32(5), 1619–1626.  
<https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.03.025>

Louis, C., & Pluchery, O. (2017). *Gold nanoparticles for physics, chemistry and biology*.

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=VPAnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Gold+Nanoparticles+for+Physics&ots=mIFRkSXMl9&sig=EJ4UBufHajxeRQkLvzFbgttU1xY#v=onepage&q=Gold+Nanoparticles+for+Physics&f=false>

Malayeri, H. Z., Ayati, B., & Ganjidoust, H. (2015). Photocatalytic Phenol Degradation by Immobilized Nano ZnO: Intermediates & Key Operating Parameters. *Water Environment Research*, 86(9), 771–778.  
<https://doi.org/10.2175/106143014x13975035526301>

Muthu, K., Karthikeyan, C., & Rajasimman, M. (2016). Isotherm and kinetic studies on nano-sorption of malachite green onto *Aspergillus flavus* mediated synthesis of silver nano particles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 6, 139–151.  
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.10.001>

Naguib, D. M., & Badawy, N. M. (2020). Phenol removal from wastewater using waste products. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(1), 103592. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103592>

Namini, A. S., Delbari, S. A., Mousavi, M., & Ghasemi, J. B. (2021). Synthesis and characterization of novel ZnO/NiCr2O4 nanocomposite for water purification by degradation of tetracycline and phenol under visible light irradiation. *Materials Research Bulletin*, 139(December 2020), 111247.  
<https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2021.111247>

Nayak, R., Ali, F. A., Mishra, D. K., Ray, D., Aswal, V. K., Sahoo, S. K., & Nanda, B. (2020). Fabrication of CuO nanoparticle: An efficient catalyst utilized for sensing and degradation of phenol. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(5), 11045–11059. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.07.100>

Noukelag, S. K., Razanamahandry, L. C., Ntwampe, S. K. O., Arendse, C. J., & Maaza, M. (2021). Industrial dye removal using bio-synthesized Ag-doped ZnO nanoparticles. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 16(March), 100463.  
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100463>

Omer, A. M., Tamer, T. M., Abou-Taleb, W. M., Roston, G. D., Hafez, A. M., Shehata, E. F., Khalifa, R. E., & Mohyeldin, M. S. (2020). Zinc oxide nanoparticles development using phosphorylated alginate template matrix for water treatment applications: I. removal of methylene blue dye. *Desalination and Water Treatment*, 174, 376–388.  
<https://doi.org/10.5004/dwt.2020.24865>

Pardeshi, S., & Patil, A. (2008). A simple route for photocatalytic degradation of phenol in aqueous zinc oxide suspension using solar energy. *Solar Energy*, 82(8), 700–705. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.02.007>

- Petronijević, M., Panić, S., Savić, S., Agbaba, J., Molnar Jazić, J., Milanović, M., & Đurišić-Mladenović, N. (2021). Characterization and application of biochar-immobilized crude horseradish peroxidase for removal of phenol from water. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 208(August). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.112038>
- Prasad, A. R., Garvasis, J., Oruvil, S. K., & Joseph, A. (2019). Bio-inspired green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Abelmoschus esculentus* mucilage and selective degradation of cationic dye pollutants. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 127(December 2018), 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2019.01.003>
- Prasad, A. R., Rugmini Ammal, P., & Joseph, A. (2018). Effective photocatalytic removal of different dye stuffs using green synthesized zinc oxide nanogranules. *Materials Research Bulletin*, 102, 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2018.02.022>
- Rawat, S., Singh, J., & Koduru, J. R. (2021). Effect of ultrasonic waves on degradation of phenol and para-nitrophenol by iron nanoparticles synthesized from *Jatropha* leaf extract. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101857. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101857>
- Rout, L., Kumar, A., Satish K Achary, L., Barik, B., & Dash, P. (2019). Ionic liquid assisted combustion synthesis of ZnO and its modification by Au–Sn bimetallic nanoparticles: An efficient photocatalyst for degradation of organic contaminants. *Materials Chemistry and Physics*, 232(October 2018), 339–353. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.04.063>
- Sadiq, H., Sher, F., Sehar, S., Lima, E. C., Zhang, S., Iqbal, H. M. N., Zafar, F., & Nuhanović, M. (2021). Green synthesis of ZnO nanoparticles from *Syzygium Cumini* leaves extract with robust photocatalysis applications. *Journal of Molecular Liquids*, 335. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116567>
- Saeedi, S., Godini, H., Almasian, M., Shams, G., Kamarehie, B., Mostafaie, P., & Taheri, F. (2015). Photocatalytic degradation of phenol in water solutions using ZnO nanoparticles immobilized on glass. *Desalin Water Treat*, 53. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.855674>
- Sahoo, S. K., Panigrahi, G. K., Sahoo, A., Pradhan, A. K., & Dalbehera, A. (2021). Bio-hydrothermal synthesis of ZnO–ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles using *Psidium guajava* leaf extract: Role in waste water remediation and plant immunity. *Journal of Cleaner Production*, 318(August), 128522. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128522>
- Shankar, P., Ishak, M. Q. H., Padarti, J. K., Mintcheva, N., Iwamori, S., Gurbatov, S. O., Lee, J. H., & Kulinich, S. A. (2020). ZnO@graphene oxide core@shell nanoparticles prepared via one-pot approach based on laser ablation in water. *Applied Surface Science*, 531(January), 147365. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.147365>
- Singh, R., Dutta, R. K., Naik, D. V., Ray, A., & Kanaujia, P. K. (2021). High surface area *Eucalyptus* wood biochar for the removal of phenol from petroleum

refinery wastewater. *Environmental Challenges*, 5(August).  
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100353>

- Sridhar, R., Ramanane, U. U., & Rajasimman, M. (2018a). ZnO nanoparticles – Synthesis, characterization and its application for phenol removal from synthetic and pharmaceutical industry wastewater. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 10, 388–393.  
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.09.003>
- Sridhar, R., Ramanane, U. U., & Rajasimman, M. (2018b). ZnO nanoparticles – Synthesis, characterization and its application for phenol removal from synthetic and pharmaceutical industry wastewater. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 10, 388–393.  
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.09.003>
- Uribe-López, M. C., Hidalgo-López, M. C., López-González, R., Frías-Márquez, D. M., Núñez-Nogueira, G., Hernández-Castillo, D., & Alvarez-Lemus, M. A. (2021). Photocatalytic activity of ZnO nanoparticles and the role of the synthesis method on their physical and chemical properties. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 404(August 2020).  
<https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2020.112866>
- Zanella, R. (2014). Aplicación de los nanomateriales en catálisis. *Mundo Nano*, 7(12), 66–82.
- Zheng, M., Bai, Y., Han, H., Zhang, Z., Xu, C., Ma, W., & Ma, W. (2021). Robust removal of phenolic compounds from coal pyrolysis wastewater using anoxic carbon-based fluidized bed reactor. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124451>

### Anexo N° 4. Fichas de validación

	FICHA DE OBSERVACIÓN			INSTRUMENTO		
	CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS			N° 1		
FENOL						
DATOS GENERALES						
TÍTULO	"Nanopartículas de óxido de zinc para la reducción del fenol en aguas residuales sintéticas Huancayo 2021"					
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de los residuos					
FACULTAD	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA					
REALIZADO POR	Greysi Montoya Condezo					
ASESOR	MSc. WILBER SAMUEL QUIJANO PACHECO					
Características fisicoquímicas						
Fenol						
REPETICIONES	Pureza	Miscibilidad		Color		Temperatura de solidificación
	90%	Soluble		Cristales incoloros		≥39,5°C
R1						
R2						
R3						

*Handwritten signature*



**Firma del experto**  
**Nombre:** Dr. Eusterio  
 Horacio Acosta  
 Suasnabar  
 CIP:25450



-----  
 FIORELLA STEFANY  
 MENDOZA CIRIACO

**Firma del experto**  
**Nombre:** Fiorella  
 Stefany Mendoza Ciriaco  
 CIP:210896



**Firma del experto**  
**Nombre:** Aguinaga  
 Lizarzaburu Danny Alonso  
 CIP:210896

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso, Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar, Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de Observación – Instrumentos N°1**
- 1.5. Autora de Instrumento: **Greysi Montoya Condezo**

### 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%
-----

Huancayo, 18 de enero del 2022



**Firma del experto**  
**Nombre:** Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
**CIP:**25450



-----  
**FIORELLA STEFANY MENDOZA CIRIACO**

**Firma del experto**  
**Nombre:** Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco  
**CIP:**210896



**Firma del experto**  
**Nombre:** Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso  
**CIP:**210896

	FICHA DE OBSERVACIÓN CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS NANOPARTÍCULAS DE ZNO		INSTRUMENTO					
			N° 2					
DATOS GENERALES								
TÍTULO	“Nanopartículas de óxido de zinc para la reducción del fenol en aguas residuales sintéticas Huancayo 2021”							
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de los residuos							
FACULTAD	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
REALIZADO POR	Greysi Montoya Condezo							
ASESOR	MSc. WILBER SAMUEL QUIJANO PACHECO							
Características fisicoquímicas Nanopartículas de ZnO								
REPETICIONES	Tamaño		Color		Miscibilidad		Pureza	
	20 nm		Blanco		Soluble		99,9%	
R1								
R2								
R3								




**Firma del experto**  
**Nombre:** Dr. Eusterio  
 Horacio Acosta  
 Suasnabar  
**CIP:**25450



**FIORELLA STEFANY**  
**MENDOZA CIRIACO**

**Firma del experto**  
**Nombre:** Fiorella  
 Stefany Mendoza Ciriaco  
**CIP:**210896



**Firma del experto**  
**Nombre:** Aguinaga  
 Lizarzaburu Danny Alonso  
**CIP:**95556

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### V. DATOS GENERALES

- 5.1.** Apellidos y Nombres: Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso, Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar, Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco
- 5.2.** Cargo e institución donde labora: Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo
- 5.3.** Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 5.4.** Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de Observación – Instrumentos N°2**
- 5.5.** Autora de Instrumento: **Greysi Montoya Condezo**

### VI. 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		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

Si

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

<b>90%</b>
------------

Huancayo, 18 de enero del 2022



**Firma del experto**  
**Nombre:** Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
**CIP:**25450



FIORELLA STEFANY  
MENDOZA CIRIACO

**Firma del experto**  
**Nombre:** Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco  
**CIP:**210896



**Firma del experto**  
**Nombre:** Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso  
**CIP:**95556

	FICHA DE OBSERVACIÓN PARA DETERMINAR LA REDUCCION DEL FENOL				INSTRUMENTO			
					N° 3			
DATOS GENERALES								
TÍTULO	"Nanopartículas de óxido de zinc para la reducción del fenol en aguas residuales sintéticas Huancayo 2021"							
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de los residuos							
FACULTAD	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
REALIZADO POR	Greysi Montoya Condezo							
ASESOR	MSc. WILBER SAMUEL QUIJANO PACHECO							
Proceso catalítico heterogéneo para la remoción de fenol de aguas residuales hospitalarias sintéticas empleando nanopartículas de ZnO								
REPETICIONES	N1				N2			
	P1		P2		P1		P2	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
R1								
R2								
R3								

Donde:

N1 = 0,2 g de nanopartículas de ZnO

P2= 6 de pH

N2 = 0,8 g de nanopartículas de ZnO

T1= 30 min

P1 = 3 de pH

T2= 60 mi



**Firma del experto**  
**Nombre:** Dr. Eusterio Suasnabar  
**CIP:**25450



FIORELLA STEFANY MENDOZA CIRIACO

**Firma del experto**  
**Nombre:** Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco  
**CIP:**210896



**Firma del experto**  
**Nombre:** Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso  
**CIP:**95556

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso, Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar, Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco
- 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente Asociado de la Universidad Cesar Vallejo
- 9.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de Observación – Instrumentos N°3**
- 9.5. Autora de Instrumento: **Greysi Montoya Condezo**

### X. 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		

### XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si	

### XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Huancayo, 18 de enero del 2022



**Firma del experto**  
**Nombre:** Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
**CIP:**25450



FIORELLA STEFANY  
MENDOZA CIRIACO

**Firma del experto**  
**Nombre:** Fiorella Stefany Mendoza Ciriaco  
**CIP:**210896



**Firma del experto**  
**Nombre:** Aguinaga Lizarzaburu Danny Alonso  
**CIP:** 95556

## MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Tipo
¿Cuál será el efecto de las nanopartículas de ZnO en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas?	Evaluar el efecto de las nanopartículas de ZnO en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.	Se logra un porcentaje igual o mayor a 70 % de reducción del fenol con nanopartículas de ZnO en el tratamiento de las aguas residuales sintéticas.	Nanopartículas de ZnO	Aplicada
Problemas Especifico	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable Dependiente	Diseño
¿Cuáles son las características de las nanopartículas de ZnO para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas?	Caracterizar las nanopartículas de ZnO para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.	Las características de las nanopartículas de ZnO presentan una influencia significativa para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.	Reducción de fenol	Experimental
¿Cuáles son las características fisicoquímicas del fenol	Caracterizar fisicoquímicamente el fenol presente en las	Las características fisicoquímicas del fenol ayudan a su reducción		

<p>presente en las aguas residuales sintéticas?</p> <p>¿Cuál es la cantidad optima de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas?</p>	<p>aguas residuales sintéticas.</p> <p>Determinar las cantidades optimas de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto para la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas</p>	<p>presentes en las aguas residuales sintéticas</p> <p>A mayores valores de masa de nanopartículas de ZnO, pH y tiempo de contacto se tiene mayor influencia en la reducción del fenol presente en las aguas residuales sintéticas.</p>		
---	--	---	--	--

## Anexo N° 3. Reportes de laboratorio

### ANEXO 3.I: Concentración inicial de fenol



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS  
QUÍMICOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO

IE-240122-05-02

### 1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : MONTOYA CONDEZO GREYBI  
1.2 RUC : 78679798

### 2. FECHAS

2.1 Inicio : 04 de Enero de 2022  
2.2 Finalización : 01 de Febrero de 2022  
2.3 Emisión de Informe : 02 de Febrero de 2022

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.6 °C  
3.2 Humedad Relativa : 51 %

### 4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1 Ensayo solicitado / Método Utilizado : Análisis de Fenoles/ Espectrofotometría UV Visible

### 6. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

TABLA N°1: Datos de la muestra

Código de Laboratorio	Nombre de Producto	Información Adicional
S-3189	Muestra Líquida	*Estación: G222R1 Fecha y hora de muestreo: 21/01 - 12:00pm*

### 8. RESULTADOS

#### 8.1. Resultados Obtenidos

TABLA N°2: Resultados Obtenidos

Código de laboratorio	Ensayo	Unidad	Resultado
S-3189	Fenoles	mg/L	5.02

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO RODRIGO VERGARA ESPINOZA  
Químico  
OQP. 1337

## ANEXO 3.II: Concentración final de fenol



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS  
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

### INFORME DE ENSAYO

IE-030222-08-02

1. DATOS DEL CLIENTE
  - 1.1 Cliente : MONTOYA CONDESO GREYSI
  - 1.2 RUC/DNI : 76879798
2. FECHAS
  - 2.1 Inicio : 03 de Febrero de 2022
  - 2.2 Fin : 09 de Febrero de 2022
  - 2.3 Emisión de Informe : 10 de Febrero de 2022
3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO
  - 3.1 Temperatura : 21.4 °C
  - 3.2 Humedad Relativa : 49.9 %
4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA
  - 4.1 Ensayo solicitado/ Método utilizado : Análisis de Fenoles/ Espectrofotometría UV Visible

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA
  - 5.1 Nombre de muestra : Muestra Líquida

6. RESULTADOS
  - 6.1. Resultados Obtenidos

Tabla N°1: Resultados Obtenidos de Ensayo

Muestra	Unid	Método	Resultado
8201	mg/L	Fenoles	2.19
8202	mg/L		2.00
8203	mg/L		1.79
8204	mg/L		1.54
8205	mg/L		1.20
8206	mg/L		1.10
8207	mg/L		0.67
8208	mg/L		0.31

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO EDUARDO VERGARA D'ARANDA  
QUÍMICO  
C.B.P. 1937

## ANEXO 3.III: Concentración final de fenol



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS  
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

### INFORME DE ENSAYO

IE-260122-06-02

#### 1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : MONTOYA CONDESO GREYSI  
1.2 RUC/DNI : 76879798

#### 2. FECHAS

2.1 Inicio : 26 de Enero de 2022  
2.2 Fin : 03 de Febrero de 2022  
2.3 Emisión de Informe : 04 de Febrero de 2022

#### 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.1 °C  
3.2 Humedad Relativa : 52.6 %

#### 4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado/ Método utilizado : Análisis de Fenoles/ Espectrofotometría UV Visible

#### 5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

5.1 Nombre de muestra : Muestra Líquida

#### 6. RESULTADOS

##### 6.1. Resultados Obtenidos

Tabla N°1: Resultados Obtenidos de Ensayo

Muestra	Unid	Método	Resultado
8101	mg/L	Fenoles	2.14
8102	mg/L		2.03
8103	mg/L		1.76
8104	mg/L		1.58
8105	mg/L		1.25
8106	mg/L		1.07
8107	mg/L		0.85
8108	mg/L		0.32

- Los Resultados pertenecen a los muestros entregados al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANALISIS QUÍMICOS SAC.

  
DIEGO ROMÁN VERSABAT PARRISIO  
QUÍMICO  
OQP. 1937

## Anexo N°4. Registro fotográfico

ANEXO 4.I: Preparación del agua residual sintética contaminada con fenol 5mg/L



ANEXO 4.II: Pesado de las masas de las nanopartículas de ZnO



ANEXO 4.III: Medición del pH inicial del agua residual sintética contaminada con fenol 5 mg/L



ANEXO 4.IV: Muestras rotuladas para el proceso de eliminación de fenol



ANEXO 4.V: Eliminación de fenol por 30 min y 60 min de contacto con las nanopartículas ZnO

