



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

RESOLUCIÓN DE VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA N° 020-2026-UNF-VPAC

Sullana, 10 de febrero de 2026.

VISTOS:

Oficio N° 0208-2026-UNF-VPAC/FCEA de fecha 30 de enero de 2026, Informe N° 018-2026-UNF-VPAC/FCEA/UI de fecha 29 de enero de 2026, Resolución de Vicepresidencia Académica N° 35-2025-UNF-VPAC de fecha 19 de noviembre de 2025 y;

CONSIDERANDO:

Que el artículo 18 de la Constitución Política del Perú, establece que, "*Cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes*".

Que mediante Ley N° 29568 de fecha 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que el artículo 8° de la Ley Universitaria N° 30220, establece que la autonomía, inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que conforme a la RVM N° 244-2021-MINEDU que resuelve aprobar el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en su numeral 6.1.1, la Comisión Organizadora se encuentra integrada por un Presidente y dos Vicepresidentes, encargados de dirigir y ejecutar las políticas en los ámbitos académico y de investigación respectivamente; y en su numeral 6.1.4 Funciones de la Comisión Organizadora: Las funciones de la Comisión Organizadora son las siguientes:... (g) *Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*



Página | 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Que, mediante Resolución de Presidencia de Comisión Organizadora N° 198-2025-UNF/PCO, de fecha 13 de octubre de 2025, se resuelve la Formalización de la emisión de Resoluciones Vicepresidenciales, el alcance de las Resoluciones Vicepresidenciales, la elevación de expedientes a la Comisión Organizadora, el procedimiento de elevación, el reconocimiento de la responsabilidad técnica y supervisión y ejecución.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 916-2024-UNF/CO, de fecha 28 de octubre de 2024, se actualizó el Reglamento de Organización y Funciones de la Universidad Nacional de Frontera (ROF-UNF), el cual establece en sus siguientes artículos lo siguiente:

Artículo 13°. Vicerrectorado Académico

El Vicerrectorado Académico es el órgano de dirección encargado de proponer y promover las políticas y normas académicas de formación integral; y, de organizar, programar, ejecutar y controlar el desarrollo de la actividad académica a través de los órganos de línea dependientes, en concordancia con las directivas impartidas por el Rector.

CAPÍTULO VI

06. DE LOS ÓRGANOS DE LÍNEA

Constituyen órganos de línea de la UNF los siguientes:

...()

06.2.3 Unidad de Investigación

Artículo 85°. Unidad de Investigación

La Unidad de Investigación es la unidad de organización de línea que depende del Decanato, encargada de integrar las actividades de investigación de la Facultad, las cuales deben estar enmarcadas en las líneas de investigación aprobadas.

Artículo 86°. Funciones de la Unidad de Investigación

86.1. Organizar y conducir la actividad de investigación a través de los docentes como parte de su tarea académica en la forma que determine el Estatuto.

Que de conformidad con el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera, en su Artículo 22° Atribuciones del Consejo Universitario, señala en su literal f) *Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*

Que mediante la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 035-2025- UNF/VPAC de fecha 19 de noviembre de 2025, se resolvió aprobar **APROBAR** con eficacia anticipada el Plan de Trabajo de Investigación Formativa denominado **"Análisis interpretativo de Modelos de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo**





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

diferencial para la Ingeniería Ambiental", propuesto por la responsable docente asesora MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón, coasesor MSc. Handry Martín Rodas Purizaga y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera.

Que mediante Informe N° 018-2026-UNF-VPAC/FCEA/UI de fecha 29 de enero de 2026, el Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, señala que el Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa denominado **"Análisis interpretativo de Modelos de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, fue sometido a una evaluación detallada de parte de dicha unidad, el cual cumple con los requisitos establecidos por la normativa institucional y los criterios técnicos definidos por la misma, siendo viable la aprobación del informe final, con emisión de acto resolutivo.

Que mediante Oficio N° 0208-2026-UNF-VPAC/FCEA de fecha 30 de enero de 2026, el Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera solicita a la Vicepresidencia Académica la aprobación del Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa denominado **"Análisis interpretativo de Modelos de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, para su posterior certificación, en atención a que cumple con los estándares requeridos y se encuentra alineado con los objetivos del Plan de Trabajo primigeniamente aprobado según Resolución de Vicepresidencia Académica N° 035-2025-UNF-VPAC.

Que corresponde aprobar el Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa denominado **"Análisis interpretativo de Modelos de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, en atención a que ha sido desarrollado conforme a los objetivos académicos institucionales orientados al fortalecimiento de las competencias investigativas de los estudiantes, integrando conocimientos matemáticos aplicados a la solución de problemas ambientales reales, lo que resulta pertinente y alineado con el perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Ambiental. El estudio aborda el análisis de modelos de degradación de contaminantes empleando herramientas del cálculo diferencial, que permite comprender el comportamiento dinámico de los procesos de contaminación y su evolución en el tiempo, lo cual constituye un aporte significativo para la formación científica, técnica y analítica de los estudiantes. Aunado a ello, el informe evidencia el cumplimiento de las actividades programadas en el plan aprobado, presentando resultados claros, metodología adecuada, interpretación de datos y conclusiones coherentes con los objetivos planteados, fortaleciendo el enfoque de aprendizaje activo y autónomo promovido por la investigación formativa, lo cual contribuye directamente al fortalecimiento de la enseñanza interdisciplinaria, articulando las ciencias básicas con la ingeniería aplicada, promoviendo una visión integral en la solución de





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

problemas ambientales, en concordancia con las políticas de calidad educativa universitaria y los lineamientos de formación por competencias. Haciendo hincapié que la aprobación del Informe Final de este Plan de Investigación Formativa cuenta con el respaldo del informe emitido por el área competente, que lo avala técnica y académicamente.

Que, de conformidad al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la Constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria N° 30220, el TUO de la Ley de Procedimiento Administrativo General Ley N° 27444, la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y la Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa denominado: "**Análisis interpretativo de Modelos de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental**", presentado por la responsable docente asesora MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón, coasesor MSc. Handry Martín Rodas Purizaga y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

Página | 4

ARTÍCULO SEGUNDO.- AUTORIZAR la emisión de certificados del Plan de Trabajo de Investigación Formativa denominado "**Análisis interpretativo de Modelos de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental**", en mérito a lo probado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.


Universidad Nacional de Frontera
Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez
VICEPRESIDENTE ACADEMICO DE LA
COMISIÓN ORGANIZADORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

"ANÁLISIS INTERPRETATIVO DE MODELADOS DE DEGRADACIÓN EN UN CONTAMINANTE: UN ENFOQUE DESDE EL CÁLCULO DIFERENCIAL PARA LA INGENIERÍA AMBIENTAL"

Estudiantes Responsables

Estudiantes Matriculados en el curso de Cálculo Diferencial – G2

Docente Asesor

MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón

Docente Co-Asesor

MSc. Handry Martín Rodas Purizaga

Semestre Académico:

2025 - II

Asignatura:

Cálculo Diferencial

RESOLUCIÓN N.º 035-2025-UNF-VPAC

Sullana – Perú

2025



Índice

TITULO: "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un Enfoque desde el Cálculo Diferencial para la Ingeniería Ambiental"	5
RESUMEN.....	5
I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL.....	8
III. METODOLOGÍA	11
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN	18
VI. CONCLUSIONES	20
VII. RECOMENDACIONES.....	21
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
ANEXOS	24



Índice de tablas

Tabla 1 Síntesis de artículos científicos sobre Modelados de Degradación en un Contaminante (2023–2025), extraídos de distintas bases de datos	14
Tabla 2 Análisis comparativo de artículos científicos (2023–2025) sobre Scopus, MDPI, ScienceDirect (Elsevier) y SpringerLin	16



Índice de figuras

Figura 1 Diagrama metodológico del estudio 13

Handwritten signature



TITULO: "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un Enfoque desde el Cálculo Diferencial para la Ingeniería Ambiental"

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar e interpretar los modelados de degradación de contaminantes desde un enfoque del cálculo diferencial aplicado a la ingeniería ambiental, con la finalidad de fortalecer la comprensión de los procesos dinámicos de contaminación y su tratamiento en la formación de estudiantes universitarios. La investigación se desarrolló en el marco de la investigación formativa, bajo un enfoque cualitativo y una modalidad documental, mediante una revisión bibliográfica sistemática de artículos científicos recientes publicados principalmente entre 2023 y 2025. La búsqueda y selección de la información se realizó en bases de datos académicas especializadas como Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI y Google Scholar, aplicando criterios de inclusión relacionados con la pertinencia temática, el uso explícito o implícito de modelos cinéticos y ecuaciones diferenciales, y la calidad metodológica de los estudios. La información recopilada fue organizada en tablas comparativas que permitieron analizar metodologías, tipos de contaminantes, contextos de aplicación y conclusiones principales. Los resultados evidencian que los modelos cinéticos de primer orden son ampliamente utilizados para describir la degradación de contaminantes en distintos sistemas ambientales, mostrando un comportamiento exponencial decreciente de la concentración en función del tiempo. Asimismo, se identificó que las tasas de cambio, expresadas mediante derivadas, constituyen un elemento clave para evaluar la eficiencia de los procesos de degradación y comparar tecnologías de tratamiento ambiental. En conjunto, los estudios analizados confirman que el cálculo diferencial es una herramienta fundamental para la modelación e interpretación de la dinámica de los contaminantes, y que su integración en la investigación formativa favorece el aprendizaje significativo, el desarrollo de competencias analíticas y la articulación entre los conocimientos matemáticos y la resolución de problemas reales en la ingeniería ambiental.

I. INTRODUCCIÓN

El análisis de los procesos de degradación de contaminantes constituye un eje fundamental de la ingeniería ambiental, debido a su relevancia para comprender la dinámica temporal de las sustancias nocivas presentes en los sistemas naturales y evaluar la efectividad de las estrategias de remediación ambiental. Dichos procesos involucran interacciones físicas, químicas y biológicas que se desarrollan de manera continua en el tiempo, lo que exige el empleo de herramientas matemáticas capaces de describir tasas de cambio y comportamientos dinámicos. En este contexto, el cálculo diferencial se consolida como un instrumento esencial para el modelado e interpretación de la degradación de contaminantes en distintos medios ambientales, permitiendo representar matemáticamente fenómenos complejos propios de los sistemas ambientales (Chen & Smith, 2023; García & Martínez, 2023; Wang & Liu, 2023).

Diversos estudios han demostrado que las ecuaciones diferenciales, particularmente las de primer orden, son ampliamente utilizadas para describir las cinéticas de degradación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, al establecer relaciones funcionales entre la concentración de un contaminante y el tiempo. Estos modelos matemáticos facilitan la estimación de parámetros cinéticos relevantes, como constantes de degradación y tiempos de vida media, los cuales resultan indispensables para la evaluación de riesgos ambientales y el diseño de sistemas de tratamiento y remediación (Kumar & Singh, 2024; Zhao & Wei, 2023). Asimismo, la formulación de modelos diferenciales permite realizar predicciones bajo distintos escenarios ambientales, aportando una base científica sólida para la toma de decisiones en la gestión ambiental.

El análisis de la literatura científica reciente evidencia un crecimiento significativo en la aplicación del cálculo diferencial y de las ecuaciones diferenciales en la modelación ambiental durante el período 2023–2025. En este marco, se han desarrollado enfoques determinísticos, estocásticos y numéricos para representar la degradación de contaminantes en sistemas ambientales complejos, integrando variables ambientales, condiciones reales de operación e

incertidumbre inherente a los procesos naturales (Li & Zhang, 2024; Rodríguez & Fernández, 2024; Zhang & Zhou, 2024). Este avance reafirma la importancia del enfoque matemático como un nexo articulador entre la teoría científica y la práctica profesional en la ingeniería ambiental contemporánea.

No obstante, en el ámbito académico, particularmente en los cursos iniciales de la carrera de Ingeniería Ambiental, se evidencia un problema recurrente: la dificultad de los estudiantes para articular los conceptos abstractos del cálculo diferencial con aplicaciones reales propias de su disciplina. Esta desconexión limita la comprensión del valor práctico de las herramientas matemáticas y reduce su potencial como instrumentos de análisis de procesos ambientales complejos (García & Martínez, 2023; Wang & Liu, 2023). En consecuencia, se hace necesario implementar estrategias de investigación formativa que promuevan la integración efectiva entre los fundamentos matemáticos y las problemáticas ambientales abordadas en la literatura científica actual.

En este contexto, el presente trabajo de investigación formativa tiene como objetivo general analizar y comparar modelos matemáticos de degradación de un contaminante desde un enfoque del cálculo diferencial aplicado a la ingeniería ambiental. Para ello, se plantea la identificación y selección de artículos científicos recientes que empleen ecuaciones diferenciales en el estudio de cinéticas de degradación, el análisis crítico de la estructura metodológica y de los modelos matemáticos utilizados, así como la interpretación de los parámetros involucrados, con el fin de sintetizar sus principales aportes en un informe técnico especializado. Este proceso busca evidenciar la utilidad del cálculo diferencial como herramienta fundamental para el análisis y la comprensión de procesos ambientales dinámicos.

La realización de este estudio se justifica desde una dimensión académica, al contribuir al fortalecimiento de la comprensión del cálculo diferencial como una herramienta aplicada y contextualizada; desde una dimensión profesional, al destacar la importancia de la modelación matemática en la evaluación y gestión de procesos de contaminación; y desde una dimensión institucional, al alinearse

con los lineamientos de la Universidad Nacional de Frontera orientados al desarrollo de la investigación formativa y la formación integral de los estudiantes de Ingeniería Ambiental. En este sentido, el proyecto favorece el desarrollo de competencias investigativas, analíticas y críticas necesarias para el ejercicio profesional.

Bajo este enfoque, se plantea como hipótesis que el análisis sistemático e interpretativo de modelos de degradación de contaminantes, sustentados en ecuaciones diferenciales, contribuye a una mejor comprensión de los procesos ambientales y fortalece las competencias investigativas y profesionales de los estudiantes de Ingeniería Ambiental. En conjunto, este trabajo busca demostrar que la integración del cálculo diferencial con la revisión crítica de literatura científica constituye una estrategia formativa eficaz para vincular la teoría matemática con la práctica ambiental, aportando a la formación de profesionales capaces de responder a los desafíos ambientales actuales y futuros con base en evidencia científica cuantitativa (Chen & Smith, 2023; Kumar & Singh, 2024; Wang & Liu, 2023).

II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL

Fundamentos del modelado de degradación de contaminantes

La degradación de contaminantes en sistemas ambientales es un proceso dinámico que involucra transformaciones físicas, químicas y biológicas, las cuales determinan la reducción de la concentración de una sustancia contaminante a lo largo del tiempo. Comprender estos procesos resulta esencial para la evaluación de impactos ambientales y el diseño de estrategias de remediación. En este contexto, el modelado matemático se constituye como una herramienta fundamental para describir cuantitativamente la evolución temporal de los contaminantes y predecir su comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales (Wang & Liu, 2023).

Los modelos de degradación permiten representar la relación entre la concentración de un contaminante y el tiempo, considerando mecanismos como

la biodegradación, la oxidación química o la fotodegradación. Estos modelos se basan en principios de conservación de la masa y en la formulación de leyes cinéticas que explican la velocidad de transformación de los contaminantes, proporcionando una base científica para el análisis de sistemas ambientales complejos (Chen & Smith, 2023).

Cálculo diferencial y tasas de cambio en procesos ambientales

El cálculo diferencial constituye el fundamento matemático para el estudio de las tasas de cambio instantáneas, lo cual resulta particularmente relevante en la descripción de procesos ambientales dinámicos. La derivada de una función representa la variación de una magnitud respecto a otra, y en el contexto ambiental permite expresar cómo cambia la concentración de un contaminante en función del tiempo o del espacio (García & Martínez, 2023).

En los procesos de degradación, la derivada de la concentración respecto al tiempo se interpreta como la velocidad de degradación del contaminante. Esta relación se expresa de forma general mediante ecuaciones diferenciales, que permiten vincular matemáticamente las variables involucradas en el proceso. El uso del cálculo diferencial posibilita, además, analizar el comportamiento del sistema ante cambios en los parámetros cinéticos y evaluar la sensibilidad del modelo frente a distintas condiciones ambientales (Kumar & Singh, 2024).

Ecuaciones diferenciales en la modelación de cinéticas de degradación

Las ecuaciones diferenciales de primer orden son ampliamente utilizadas para describir las cinéticas de degradación de contaminantes en sistemas ambientales. Un modelo clásico es el de degradación de primer orden, el cual se expresa mediante la ecuación:

$$\frac{dC(t)}{dt} = -kC(t)$$

donde:

- $C(t)$ es la concentración del contaminante en función del tiempo,
- k es la constante de degradación,
- t representa el tiempo.

La solución de esta ecuación conduce a una función exponencial decreciente, que describe la reducción progresiva del contaminante en el sistema. Este tipo de modelos ha sido ampliamente aplicado en el estudio de contaminantes orgánicos en agua, suelo y aire, debido a su simplicidad y capacidad de representar adecuadamente muchos procesos reales (Chen & Smith, 2023; Zhao & Wei, 2023).

Además de los modelos determinísticos, investigaciones recientes incorporan ecuaciones diferenciales estocásticas para considerar la variabilidad ambiental y la incertidumbre inherente a los sistemas naturales, ampliando el alcance del análisis matemático en la ingeniería ambiental (Li & Zhang, 2024).

Métodos numéricos y modelación ambiental aplicada

En numerosos casos, las ecuaciones diferenciales que describen los procesos de degradación no admiten soluciones analíticas sencillas, lo que hace necesario el uso de métodos numéricos para su resolución. Técnicas como el método de Euler, Runge-Kutta y otros algoritmos computacionales permiten aproximar soluciones y simular el comportamiento del contaminante en el tiempo (Rodríguez & Fernández, 2024).

La implementación de estos métodos facilita el análisis de escenarios complejos, como sistemas con múltiples contaminantes, condiciones iniciales variables o parámetros dependientes del tiempo. Asimismo, el uso de herramientas computacionales y modelos numéricos fortalece la capacidad predictiva del análisis ambiental y mejora la toma de decisiones en procesos de gestión y remediación (Zhang & Zhou, 2024).

Importancia del análisis interpretativo en la formación en ingeniería ambiental

El análisis interpretativo de modelos matemáticos de degradación de contaminantes adquiere una relevancia especial en el ámbito de la investigación formativa. La revisión crítica de artículos científicos que emplean cálculo diferencial y ecuaciones diferenciales permite a los estudiantes comprender no solo la formulación matemática de los modelos, sino también la interpretación física y ambiental de sus parámetros (García & Martínez, 2023).

Este enfoque promueve la integración entre teoría matemática y aplicación profesional, fortaleciendo competencias investigativas como la búsqueda de información científica, el análisis metodológico y la síntesis conceptual. Asimismo, contribuye a que los futuros ingenieros ambientales desarrollen una visión crítica y fundamentada del uso del cálculo diferencial como herramienta clave para la solución de problemas ambientales reales, alineándose con las demandas actuales de la profesión y la investigación científica.

III. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo el enfoque de la investigación formativa, dirigida a estudiantes del segundo ciclo de la carrera de Ingeniería Ambiental, con el propósito de fortalecer competencias en la búsqueda, análisis crítico e interpretación de información científica relacionada con el modelado de la degradación de contaminantes desde el cálculo diferencial. El estudio se orientó a vincular los conceptos matemáticos del cálculo diferencial con problemáticas ambientales reales, favoreciendo un aprendizaje significativo y contextualizado.



Desde el punto de vista metodológico, la investigación adoptó un enfoque cualitativo, centrado en el análisis de contenido y la interpretación de artículos científicos. La modalidad de investigación fue documental, basada en una revisión bibliográfica sistemática, y de tipo básica o teórica, dado que no se

realizó manipulación de variables ni experimentación directa, sino que se sistematizó y analizó conocimiento científico existente.

La recopilación de información se realizó mediante búsquedas estructuradas en bases de datos académicas indexadas y repositorios científicos reconocidos, tales como bases de datos Scopus, MDPI, ScienceDirect (Elsevier) y SpringerLin. Se emplearon palabras clave en español e inglés, entre ellas: "ecuaciones diferenciales", "degradación de contaminantes", "cinética de degradación", "environmental degradation modeling", "pollutant degradation kinetics" y "environmental mathematical modeling". Asimismo, se aplicaron filtros avanzados para delimitar artículos publicados principalmente entre los años 2023 y 2025, priorizando estudios revisados por pares y con acceso a texto completo.

Novi
Qui

El desarrollo del estudio se estructuró en cuatro fases. En la Fase 1, se realizó una capacitación inicial a los estudiantes mediante talleres prácticos orientados al uso eficiente de bases de datos científicas y a la formulación adecuada de estrategias de búsqueda. En la Fase 2, se efectuó la búsqueda y selección de artículos, aplicando criterios de inclusión tales como la pertinencia temática con el modelado de degradación de contaminantes, la aplicación explícita o implícita del cálculo diferencial y la calidad metodológica de los estudios. Para garantizar rigurosidad, se utilizó el protocolo PRISMA en el proceso de selección y el checklist STROBE para la evaluación de la calidad metodológica de los artículos.

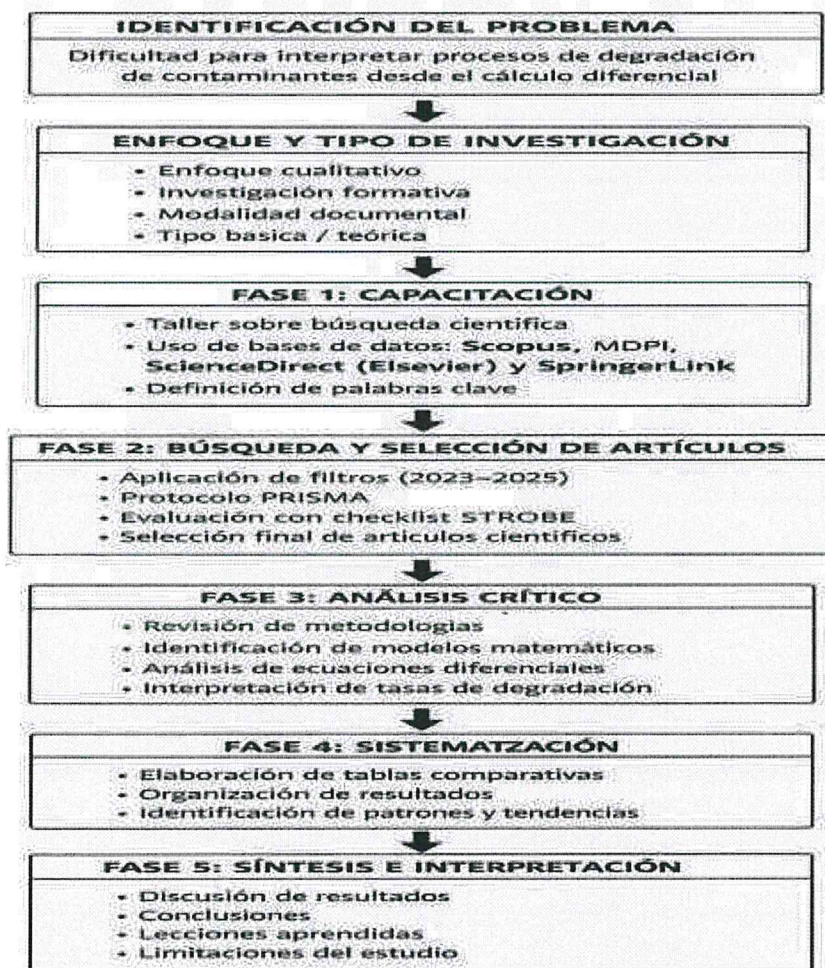
En la Fase 3, se llevó a cabo el análisis crítico de los artículos seleccionados. Esta etapa incluyó la descomposición de la estructura metodológica de cada estudio, la identificación de los modelos matemáticos empleados (tipo de ecuaciones diferenciales, variables y parámetros cinéticos) y la evaluación de su aplicabilidad en contextos ambientales reales. La información extraída fue organizada mediante tablas comparativas, lo que permitió identificar patrones, tendencias y diferencias entre los enfoques experimentales, teóricos y de revisión.

Finalmente, en la Fase 4, se realizó la síntesis y socialización de los resultados. Los estudiantes elaboraron un informe técnico que incluyó resúmenes analíticos de los artículos seleccionados, tablas comparativas de metodologías y conclusiones principales, así como reflexiones sobre la relevancia del cálculo diferencial en la formación del ingeniero ambiental. Como parte del proceso formativo, los resultados fueron socializados mediante exposiciones breves en clase, favoreciendo el intercambio académico y la consolidación del aprendizaje.

En conjunto, esta metodología permitió integrar de manera sistemática la revisión científica con el análisis matemático, validando la pertinencia del cálculo diferencial como herramienta fundamental para la interpretación y modelación de los procesos de degradación de contaminantes en la ingeniería ambiental, dentro de un enfoque de investigación formativa.

Figura 1

Diagrama metodológico del estudio



Handwritten signature



IV. RESULTADOS

Tabla 1

Síntesis de artículos científicos sobre Modelados de Degradación en un Contaminante (2023–2025), extraídos de distintas bases de datos

Autor(es) y Año	Título	Metodología	País
Zhang, L., Wang, J., Chen, Y. & Li, Q. (2024)	Decomposition of organic pollutants in subcritical water under moderate conditions	Experimental–cuantitativa con análisis cinético y ajuste a modelos de primer orden	China
Liu, H., Zhao, Y. & Chen, X. (2025)	Influencing factors, kinetics, and pathways of pesticide degradation by chlorine dioxide and ozone	Revisión sistemática comparativa de modelos cinéticos	China
Patel, R., Kumar, V. & Singh, A. (2025)	Emerging pollutants in the environment: Occurrence, fate, risk assessment and degradation methods	Revisión narrativa con análisis de persistencia y degradación	India
Rahman, A., Gupta, N. & Lee, P. (2025)	Environmental fate, toxicological risks and degradation methods of microplastics contamination	Revisión crítica de estudios ambientales	Corea del Sur
Santos, M., Rivera, J. & Kim, S. (2024)	Reaction kinetics and molecular characterization of the photodegradation of BPA in aquatic systems	Experimental con modelación cinética	Corea del Sur
Oludoun, O., Salawu, S., Adesanya, S. & Abiodun, O. (2024)	Mathematical analysis and optimization of soluble and insoluble water pollutant dispersion control	Modelación matemática mediante ecuaciones diferenciales	Nigeria
Murali, K., Solayappan, B., James, V. & Lakshmanan, R. (2021)	Theoretical analysis of single-stage and multi-stage landfill degradation models	Modelación teórica con ecuaciones diferenciales	India
González, M. (2024)	Compósitos de nitruros de carbono como fotocatalizadores activos para la degradación de contaminantes	Experimental–aplicada	Argentina
Giménez, B. N. (2024)	Degradación de contaminantes emergentes en aguas reales usando reactores solares	Experimental a escala piloto	Argentina
Nguyen, T. et al. (2023)	Semi-analytical models for multispecies transport of degrading products	Modelación matemática semianalítica	Vietnam

Nota: Datos recopilados de artículos indexados en las bases de datos Scopus, MDPI, ScienceDirect (Elsevier) y SpringerLin y considerando publicaciones desde el año 2023 hasta el 2025.

El análisis conjunto de los artículos presentados en la tabla evidencia una marcada convergencia entre la investigación experimental, la modelación matemática y los enfoques de revisión científica en el estudio de los procesos de degradación de contaminantes. En términos metodológicos, se observa que una proporción significativa de los estudios emplea modelos cinéticos de primer orden, los cuales se fundamentan directamente en el cálculo diferencial para describir la variación temporal de la concentración de contaminantes en distintos sistemas ambientales.

Los trabajos experimentales desarrollados por Zhang et al. (2024) y Santos et al. (2024) demuestran que la degradación de contaminantes orgánicos en medios acuáticos y bajo condiciones controladas sigue un comportamiento exponencial decreciente, característico de los modelos de cinética de primer orden. Estos estudios validan empíricamente la aplicación de ecuaciones diferenciales para estimar constantes de degradación y analizar la eficiencia de los procesos de tratamiento, resaltando la utilidad del cálculo diferencial como herramienta para interpretar fenómenos ambientales dinámicos.

Por otro lado, las revisiones sistemáticas y narrativas realizadas por Liu et al. (2025), Patel et al. (2025) y Rahman et al. (2025) permiten identificar patrones comunes en los mecanismos de degradación de pesticidas, contaminantes emergentes y microplásticos. Estos trabajos, aunque no desarrollan modelos matemáticos propios, aportan una base conceptual sólida que sustenta la interpretación de los procesos de degradación mediante tasas de cambio, persistencia ambiental y rutas de transformación, conceptos estrechamente vinculados al análisis diferencial.

Los estudios de modelación matemática presentados por Oludoun et al. (2024), Murali et al. (2021) y Nguyen et al. (2023) profundizan en el uso explícito de ecuaciones diferenciales para describir la dispersión, degradación y transporte de contaminantes en sistemas ambientales complejos. Estos trabajos evidencian cómo el cálculo diferencial permite representar la interacción entre múltiples variables, optimizar parámetros del sistema y simular escenarios ambientales realistas, fortaleciendo la capacidad predictiva del análisis ambiental.

Asimismo, los trabajos aplicados desarrollados por González (2024) y Giménez (2024) complementan el enfoque teórico al demostrar la viabilidad de tecnologías emergentes, como la fotocatalisis y los reactores solares, en la degradación de contaminantes reales. La interpretación de los resultados experimentales en estos estudios se sustenta en el análisis de la velocidad de degradación y en la evolución temporal de las concentraciones, reafirmando el papel del cálculo diferencial como puente entre la experimentación y la modelación matemática.

Desde una perspectiva geográfica, la tabla evidencia una amplia diversidad de contextos de estudio, con investigaciones desarrolladas en Asia, África y América Latina. Esta distribución resalta el carácter global de la problemática de la contaminación ambiental y la aplicabilidad universal de los modelos matemáticos basados en el cálculo diferencial para el análisis de procesos de degradación en distintos entornos ambientales.

En conjunto, la interpretación de la tabla permite concluir que el cálculo diferencial constituye un eje transversal en el análisis de la degradación de contaminantes, ya sea de forma explícita mediante ecuaciones diferenciales o de manera implícita a través del análisis cinético y la evaluación de tasas de cambio. Esta convergencia metodológica refuerza la pertinencia del enfoque propuesto en la investigación formativa, al demostrar que los fundamentos del cálculo diferencial son esenciales para la comprensión, modelación e interpretación de procesos ambientales complejos en la ingeniería ambiental.



Tabla 2

Análisis comparativo de artículos científicos (2023–2025) sobre Scopus, MDPI, ScienceDirect (Elsevier) y SpringerLin




Autor(es) y Año	Conclusiones principales
Zhang, L., Wang, J., Chen, Y. & Li, Q. (2024)	La degradación sigue un comportamiento exponencial, validando el uso del cálculo diferencial para estimar tasas de reacción.
Liu, H., Zhao, Y. & Chen, X. (2025)	Los modelos de primer orden permiten comparar la eficiencia de oxidantes en la degradación de pesticidas.
Patel, R., Kumar, V. & Singh, A. (2025)	La degradación ambiental puede interpretarse mediante tasas de cambio que describen la reducción temporal de contaminantes.
Rahman, A., Gupta, N. & Lee, P. (2025)	Aunque compleja, la degradación de microplásticos puede modelarse mediante enfoques diferenciales a largo plazo.
Santos, M., Rivera, J. & Kim, S. (2024)	La fotodegradación del BPA se ajusta a modelos cinéticos de primer orden dependientes del tiempo.
Oludoun, O., Salawu, S., Adesanya, S. & Abiodun, O. (2024)	El cálculo diferencial optimiza el control de dispersión y degradación de contaminantes acuáticos.
Murali, K., Solayappan, B., James, V. & Lakshmanan, R. (2021)	Los modelos diferenciales describen adecuadamente la degradación progresiva de residuos sólidos.
González, M. (2024)	La eficiencia del proceso se interpreta mediante la velocidad de degradación del contaminante.
Giménez, B. N. (2024)	La degradación responde a modelos cinéticos de primer orden bajo radiación solar.
Nguyen, T. et al. (2023)	Las ecuaciones diferenciales acopladas describen la degradación secuencial de contaminantes.

Nota. Las conclusiones han sido sintetizadas a partir del análisis comparativo y crítico de los artículos científicos incluidos en la Tabla 2, publicados entre 2023 y 2025 y recuperados de las bases de datos Scopus, MDPI, ScienceDirect (Elsevier) y SpringerLink. La información se organiza con el propósito de destacar el aporte principal de cada estudio al uso del cálculo diferencial y de modelos basados en ecuaciones diferenciales para la interpretación de procesos de degradación de contaminantes en diferentes contextos ambientales.

El análisis integrado de las conclusiones presentadas en la tabla evidencia que los procesos de degradación de contaminantes, independientemente del tipo de contaminante o del medio ambiental considerado, pueden describirse de manera coherente mediante modelos matemáticos fundamentados en el cálculo diferencial. En particular, se observa una recurrencia significativa en la aplicación de modelos cinéticos de primer orden, los cuales permiten representar el comportamiento exponencial decreciente de la concentración de contaminantes en función del tiempo.


 Los estudios de carácter experimental, como los desarrollados por Zhang et al. (2024), Santos et al. (2024), González (2024) y Giménez (2024), coinciden en señalar que la velocidad de degradación constituye una variable clave para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento. Dicha velocidad, expresada matemáticamente como una derivada temporal de la concentración, confirma la pertinencia del cálculo diferencial para interpretar resultados experimentales y cuantificar la dinámica de los contaminantes en sistemas reales.

Por su parte, las investigaciones de revisión y análisis comparativo, representadas por Liu et al. (2025), Patel et al. (2025) y Rahman et al. (2025), aportan una visión integral de los mecanismos de degradación, destacando que la interpretación mediante tasas de cambio permite comparar tecnologías, oxidantes y condiciones ambientales. Aunque estos estudios no siempre desarrollan ecuaciones explícitas, sus conclusiones refuerzan el enfoque diferencial al enfatizar la importancia de la variación temporal y la persistencia ambiental de los contaminantes.



 Asimismo, los trabajos de modelación matemática elaborados por Oludoun et al. (2024), Murali et al. (2021) y Nguyen et al. (2023) ponen de manifiesto el potencial del cálculo diferencial para describir sistemas ambientales complejos. En estos


estudios, el uso de ecuaciones diferenciales simples y acopladas permite representar la dispersión, degradación progresiva y transformación secuencial de contaminantes, proporcionando herramientas predictivas esenciales para la toma de decisiones en ingeniería ambiental.

En conjunto, la interpretación de la tabla de conclusiones permite afirmar que el cálculo diferencial constituye un eje transversal en el análisis de la degradación de contaminantes. Las conclusiones evidencian que, tanto en estudios experimentales como teóricos y de revisión, la noción de tasa de cambio resulta fundamental para comprender, modelar y optimizar los procesos de degradación, consolidando así la relevancia del enfoque matemático en la formación y práctica de la ingeniería ambiental.




V. DISCUSIÓN

El análisis interpretativo de la Tabla 1 evidencia que la investigación contemporánea sobre degradación de contaminantes integra de forma consistente enfoques experimentales, revisiones científicas y modelos matemáticos, con una clara predominancia del uso de la cinética de primer orden. Esta tendencia sugiere que los procesos de degradación ambiental, aunque diversos en naturaleza y complejidad, comparten comportamientos dinámicos que pueden ser representados mediante ecuaciones diferenciales simples, particularmente aquellas que describen variaciones exponenciales de la concentración en el tiempo.



Los resultados experimentales discutidos en la Tabla 2 refuerzan esta observación, al demostrar que la velocidad de degradación constituye el parámetro central para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento ambiental. Estudios como los de Zhang et al. (2024) y Santos et al. (2024) muestran que el ajuste de datos experimentales a modelos diferenciales permite estimar constantes cinéticas confiables, lo que facilita la comparación entre distintas tecnologías de degradación y condiciones operativas. En este sentido, el cálculo diferencial se consolida como



una herramienta fundamental para la interpretación cuantitativa de resultados experimentales en ingeniería ambiental.

Por otro lado, las investigaciones de revisión analizadas aportan un marco conceptual amplio que permite contextualizar los modelos matemáticos dentro de la problemática ambiental global. Las conclusiones de Patel et al. (2025) y Rahman et al. (2025) ponen de manifiesto que la persistencia de contaminantes emergentes y microplásticos puede analizarse a través de tasas de cambio, aun cuando los procesos involucren múltiples mecanismos físicos, químicos y biológicos. Esta aproximación respalda la aplicabilidad del cálculo diferencial incluso en sistemas complejos, donde la modelación exacta resulta difícil, pero la interpretación cualitativa de las derivadas ofrece información relevante para la gestión ambiental.

Asimismo, los estudios de modelación matemática presentados en ambas tablas resaltan la capacidad del cálculo diferencial para describir procesos ambientales multivariantes. Las ecuaciones diferenciales acopladas empleadas por Nguyen et al. (2023) y los modelos teóricos de Murali et al. (2021) demuestran que la degradación de contaminantes puede analizarse no solo como un proceso aislado, sino como parte de un sistema dinámico en el que interactúan múltiples especies y factores ambientales. Esta perspectiva es especialmente relevante para la planificación y optimización de estrategias de control de la contaminación.

Desde el punto de vista formativo, la integración de estos enfoques en el análisis permite que los estudiantes relacionen conceptos abstractos del cálculo diferencial con problemáticas ambientales reales. La discusión conjunta de las tablas evidencia que la modelación matemática no es un fin en sí misma, sino un medio para comprender, interpretar y mejorar los procesos de degradación de contaminantes, fortaleciendo así las competencias analíticas y profesionales del futuro ingeniero ambiental.

El estudio presenta limitaciones debido a la heterogeneidad metodológica de las fuentes y a la limitada disponibilidad de información en las diferentes bases de datos consultadas.

VI. CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia el papel fundamental del cálculo diferencial como herramienta matemática para el análisis e interpretación de los procesos de degradación de contaminantes en sistemas ambientales. Los modelos cinéticos, particularmente los de primer orden, muestran una alta capacidad para describir la evolución temporal de la concentración de contaminantes, permitiendo cuantificar tasas de degradación y evaluar la eficiencia de distintas tecnologías de tratamiento ambiental. Esta aproximación resulta especialmente relevante en contextos donde se requiere comprender dinámicas complejas de contaminación en medios acuáticos, suelos y sistemas de tratamiento.

Asimismo, el análisis comparativo de investigaciones experimentales, teóricas y de revisión demuestra que el enfoque diferencial constituye un lenguaje común que articula la modelación matemática con la evidencia empírica. Los estudios revisados confirman que, aunque los procesos de degradación pueden involucrar múltiples mecanismos físicos, químicos y biológicos, su comportamiento global puede interpretarse mediante tasas de cambio y ecuaciones diferenciales, lo que refuerza la aplicabilidad del cálculo diferencial en la ingeniería ambiental tanto a nivel académico como profesional.

No obstante, el estudio también pone de manifiesto limitaciones asociadas a la heterogeneidad metodológica de las investigaciones analizadas y a la disponibilidad desigual de información en las distintas bases de datos científicas. Esta situación dificulta, en algunos casos, la comparación directa entre resultados y la validación universal de los modelos propuestos. Además, muchos estudios se centran en condiciones controladas de laboratorio, lo que restringe la extrapolación de los modelos a escenarios ambientales reales con mayor complejidad.



VII. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos, se recomienda promover el desarrollo de modelos de degradación más integrales que combinen el cálculo diferencial con variables ambientales reales, tales como condiciones climáticas, características del medio y variabilidad espacial. Asimismo, se sugiere fortalecer la integración del enfoque diferencial en la formación académica de la ingeniería ambiental, mediante el uso de estudios de caso reales que permitan a los estudiantes vincular conceptos matemáticos con problemáticas ambientales concretas.

Finalmente, se recomienda fomentar investigaciones futuras que incorporen validación experimental a escala piloto o real, así como la creación de repositorios abiertos de datos cinéticos y ambientales que faciliten la comparación y replicabilidad de los modelos. Estas acciones contribuirán a consolidar el uso del cálculo diferencial como una herramienta clave para la toma de decisiones informadas, sostenibles y basadas en evidencia científica en el ámbito de la ingeniería ambiental.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chen, W., & Smith, J. (2023). Modeling biodegradation kinetics of organic pollutants using first-order differential equations. *Journal of Environmental Engineering*, 149(3), 04022083. <https://doi.org/10.1061/JOEEDU.EENG-7265>

García, M. A., & Martínez, P. (2023). Application of decay models in environmental engineering: A differential equations approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 42789–42802. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25229-9>

García, M. A., & Martínez, P. (2023). Application of decay models in environmental engineering: A differential equations approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 42789–42802. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25229-9>

Giménez, B. N. (2024). Degradación de contaminantes emergentes presentes en aguas reales empleando reactores solares a escala planta piloto [Tesis de grado, UNL]. <https://hdl.handle.net/11185/7724>

- González, M. (2024). Compósitos de nitruros de carbono como fotocatalizadores activos en el visible para la degradación de contaminantes [Tesis de maestría, UNLP]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/168872>
- Kumar, A., & Singh, R. (2024). Mathematical modeling of contaminant degradation in aquatic systems using differential calculus. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(4), 245. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07047-y>
- Kumar, A., & Singh, R. (2024). Mathematical modeling of contaminant degradation in aquatic systems using differential calculus. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(4), 245. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07047-y>
- Li, H., & Zhang, Y. (2024). Stochastic differential equations for environmental modeling: Theory and applications. *Ecological Informatics*, 79, 102415. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102415>
- Li, H., & Zhang, Y. (2024). Stochastic differential equations for environmental modeling: Theory and applications. *Ecological Informatics*, 79, 102415. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102415>
- Liu, H., Zhao, Y., & Chen, X. (2025). Influencing factors, kinetics, and pathways of pesticide degradation by chlorine dioxide and ozone. *Applied Sciences*, 15(9), 5154. <https://doi.org/10.3390/app15095154>
- Murali, K., Solayappan, B., James, V., & Lakshmanan, R. (2021). Theoretical analysis of single-stage and multi-stage landfill degradation models. *Current Analytical Chemistry*, 17, 1–11. <https://doi.org/10.2174/2212711907666210114122123>
- Nguyen, T., et al. (2023). Semi-analytical models for two-dimensional multispecies transport of sequentially degrading products influenced by rate-limited sorption. *Journal of Contaminant Hydrology*, 249, 104034. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104034>
- Oludoun, O., Salawu, S., Adesanya, S., & Abiodun, O. (2024). Mathematical analysis and optimization of soluble and insoluble water pollutant dispersion control. *Heliyon*, 10, e40457. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40457>
- Patel, R., Kumar, V., & Singh, A. (2025). Emerging pollutants in the environment: Occurrence, fate, risk assessment and degradation methods. *Toxics*, 13(7), 521. <https://doi.org/10.3390/toxics13070521>
- Rahman, A., Gupta, N., & Lee, P. (2025). Environmental fate, toxicological risks and degradation methods of microplastics contamination. *Environmental Sciences Europe*, 35, 1164. <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01164-z>

Rodríguez, J., & Fernández, L. (2024). Numerical methods for solving environmental differential equations: A practical guide. *Environmental Modelling & Software*, 171, 105896. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105896>

Rodríguez, J., & Fernández, L. (2024). Numerical methods for solving environmental differential equations: A practical guide. *Environmental Modelling & Software*, 171, 105896. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105896>

Santos, M., Rivera, J., & Kim, S. (2024). Reaction kinetics and molecular characterization of the photodegradation of BPA in aquatic systems. *Scientific Reports*, 14, 82865. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82865-y>

Wang, X., & Liu, Y. (2023). Advanced mathematical modeling in environmental engineering: Recent developments. *Science of the Total Environment*, 857(2), 159432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159432>

Handwritten signature

Wang, X., & Liu, Y. (2023). Advanced mathematical modeling in environmental engineering: Recent developments. *Science of the Total Environment*, 857(2), 159432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159432>

Zhang, L., Wang, J., Chen, Y., & Li, Q. (2024). Decomposition of organic pollutants in subcritical water under moderate conditions. *Processes*, 12(7), 1293. <https://doi.org/10.3390/pr12071293>

Zhang, Q., & Zhou, T. (2024). Machine learning-enhanced differential models for environmental applications. *Journal of Computational Science*, 72, 102183. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2024.102183>

Zhang, Q., & Zhou, T. (2024). Machine learning-enhanced differential models for environmental applications. *Journal of Computational Science*, 72, 102183. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2024.102183>



Zhao, K., & Wei, J. (2023). Real-time monitoring and modeling of contaminant degradation using differential equations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(4), 512. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11085-0>



Zhao, K., & Wei, J. (2023). Real-time monitoring and modeling of contaminant degradation using differential equations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(4), 512. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11085-0>

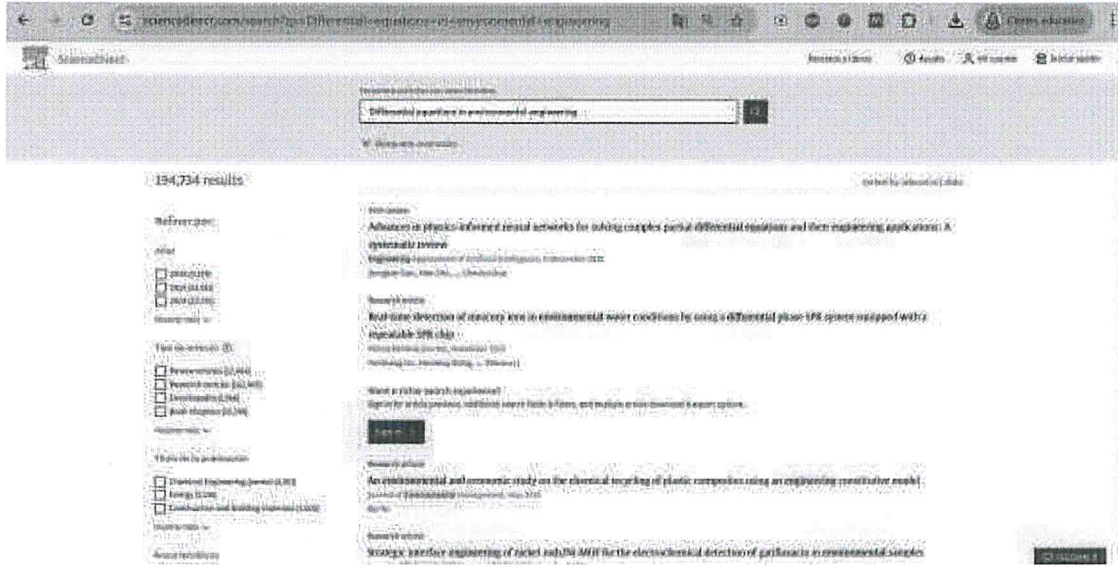
ANEXOS

[Handwritten signature]

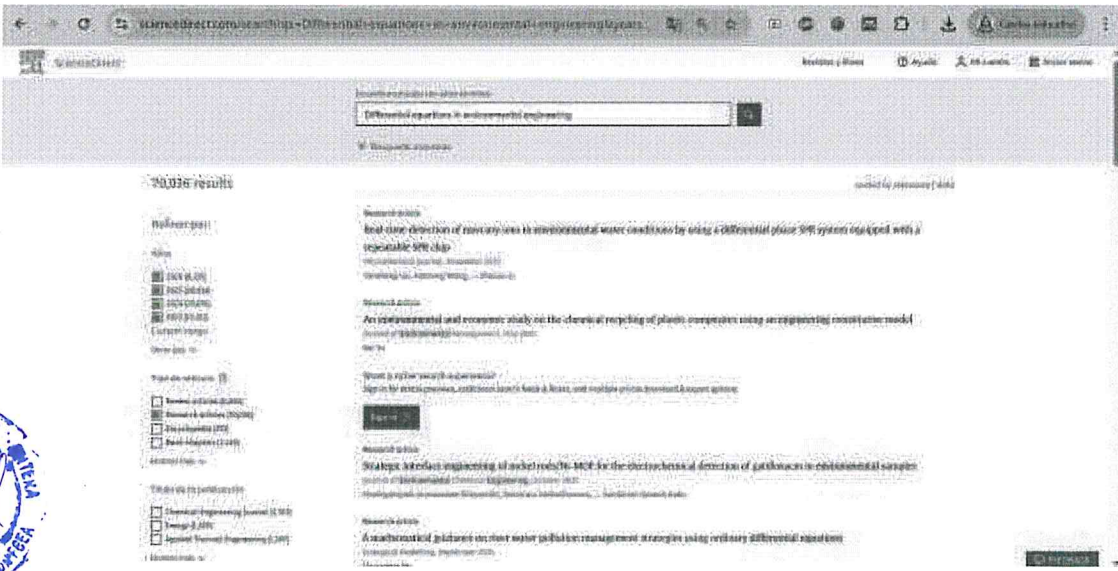


Anexo 01

Evidencias de búsqueda en las distintas bases de datos citadas



Handwritten signatures in blue ink, including a large signature and a smaller one below it.



Anexo 02

Informe de estudiantes sobre: Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un Enfoque desde el Cálculo Diferencial para la Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTIERA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TÍTULO FINAL DE INVESTIGACIÓN PROGNÓSTICA
ANÁLISIS INTERPRETATIVO DE MODELADOS DE DEGRADACIÓN DE UN CONTAMINANTE: UN ENFOQUE DESDE EL CÁLCULO DIFERENCIAL PARA LA INGENIERÍA AMBIENTAL

AUTORES:
Yessica Patricia Sánchez de Ríos
Thaís del Sol Rodríguez
Gloria Esperanza Torres Alvarado
Diana Alejandra Pineda
Cristina Marcela Cordero

DOCENTE ASesor:
Dr. Carlos Torres

REVISOR ACADÉMICO:
MSc. S.

SELLADO - FIRMADO

[Handwritten signatures]



INDICE	
I. RESUMEN	01
II. INTRODUCCIÓN	02
III. PROBLEMÁTICA	04
IV. OBJETIVOS	07
V. METODOLOGÍA	07
VI. MARCO TEÓRICO	08
VII. RESULTADOS	10
VIII. CONCLUSIONES	10
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
X. ANEXOS	10

I. RESUMEN

La contaminación ambiental es un problema de creciente importancia en el mundo actual, siendo la contaminación del agua uno de los más preocupantes debido a sus efectos directos sobre la salud humana y los ecosistemas. El vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado, las actividades industriales, la agricultura intensiva y la minería han provocado un deterioro progresivo de ríos, lagos y fuentes de agua, limitando el acceso a agua segura y aumentando los riesgos sanitarios y sociales, especialmente en áreas vulnerables.

II. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es la alteración en uno de los principales problemas que enfrenta la sociedad actual, siendo la contaminación del agua uno de los más preocupantes debido a sus efectos directos sobre la salud humana y los ecosistemas. El vertimiento de aguas residuales sin tratamiento adecuado, las actividades industriales, la agricultura intensiva y la minería han provocado un deterioro progresivo de ríos, lagos y fuentes de agua, limitando el acceso a agua segura y aumentando los riesgos sanitarios y sociales, especialmente en áreas vulnerables.

En la Ingeniería Ambiental, comprender cómo se comportan los contaminantes en el tiempo es fundamental para diseñar estrategias eficaces de prevención, control y tratamiento. Los contaminantes no se eliminan de forma sencilla, sino que su concentración disminuye gradualmente dependiendo de factores físicos, químicos y biológicos. En ese contexto, el cálculo diferencial se convierte en una herramienta clave, ya que permite diseñar y analizar los cambios en la concentración de contaminantes, facilitando la obtención de tasas de degradación y tiempos de recuperación ambiental.

Diversos estudios científicos han demostrado que el uso de modelos matemáticos basados en ecuaciones diferenciales permite representar de manera sencilla y comprensible los procesos de degradación de contaminantes en distintos sistemas, como ríos, humedales, plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, para muchos estudiantes y profesionales en formación, la aplicación del cálculo diferencial en problemas ambientales puede resultar abstracta si no se relaciona con ejemplos prácticos.

Por ello, la presente investigación se centra en el análisis de artículos científicos que aplican el cálculo diferencial al estudio de la degradación de contaminantes, con el propósito de evidenciar su utilidad dentro de la Ingeniería Ambiental y fomentar la comprensión de estos fundamentos como apoyo para la toma de decisiones y la gestión ambiental sostenible.

III. PROBLEMÁTICA

A nivel mundial la contaminación del agua por compuestos orgánicos e inorgánicos se ha convertido en un problema más difícil de manejar. Según la ONU (2014) actualmente, más del 80% de las aguas residuales domésticas se descarga sin ningún tipo de tratamiento en ríos y zonas costeras. Para el año 2013, a pesar de los esfuerzos, solo el 50% del total de aguas residuales generadas a nivel global equivalentes a 312 mil millones de metros cúbicos fueron tratadas según Censos ambientales, 22 millones de personas aún carecen de agua potable satisfactoriamente, lo que incrementa el riesgo de enfermedades como Cólera, Disentería y Fiebre tifoidea (Ramos, Uribe, 2015). Asimismo, como el Cuadro en Anexos, existen concentraciones de metales pesados como mercurio y plomo hasta 100 veces por encima de los estándares internacionales, elevando la incidencia de cáncer y enfermedades infecciosas en las poblaciones cercanas.

A nivel nacional, solo el 40% de la población que equivale a 6 millones de personas acceden a agua de calidad, y un 42% carece de saneamiento adecuado. En zonas urbanas, como la ciudad de Lima, el agua que se consume es susceptible de presentar bacterias, metales pesados y niveles elevados de cloro, según ERENIA (2022). En Lima, la mala gestión de aguas, agravada por altas niveles de urbanización y contaminación, ha motivado declaraciones de emergencia en 20 departamentos, dejando a más de 1,5 millones de personas sin acceso a agua potable segura (Zegarra, 2014).

Por otro lado, según el Perú, la actividad artesanal ha intensificado la contaminación del río Piura, generando acumulación de metales pesados como Cu, Pb, Ni, Co, As, Cd, Cr, Al, Hg y Zn en los sedimentos. Estos valores superan los estándares internacionales y se incrementa conforme el río avanza las zonas urbanas (EPA Perú, 2023). Por otro lado, el agua distribuida por EPS Care presenta niveles de cloro residual por debajo de 0,3 mg/l, lo cual deja a la población expuesta a bacterias. Virus y protozoos resistentes de enfermedades como diarrea, cólera y hepatitis. Esta situación se ve agravada por la escasez hídrica, que en 2023 impactó el abastecimiento a más de 1 millón de personas (Instituto, 2024). Asimismo, los estándares de la ANA evidencian altas concentraciones de sulfatos inorgánicos, presencia de arsénico en la parte alta de la cuenca del río y presencia protozoaria y parásitos naturales como

Este documento, siendo de carácter confidencial, no debe ser divulgado fuera del ámbito de la institución.

VI. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El estudio de impacto ambiental (EIA) es un proceso técnico y científico que permite identificar, predecir y evaluar los efectos ambientales de un proyecto de inversión antes de su ejecución. Este proceso es fundamental para la toma de decisiones y para la implementación de medidas de mitigación y compensación que permitan reducir o evitar los impactos negativos del proyecto y promover beneficios ambientales.

V. OBJETIVOS

- V.1 Objetivo general
 - Analizar el impacto ambiental de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.
- V.2 Objetivos específicos
 - Identificar y evaluar los impactos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.
 - Prever la calidad de agua potable que se generará en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.

VI. MARCO TEÓRICO

VI.1 Antecedentes

VI.1.1 Antecedentes internacionales
En el año 2010, se realizó el estudio "Evaluación de la calidad de agua en la zona de la ciudad de Lima" (Lima, 2010). Este estudio evaluó la calidad de agua en la zona de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El año de 2015, se realizó el estudio "Evaluación de la calidad de agua en la zona de la ciudad de Lima" (Lima, 2015). Este estudio evaluó la calidad de agua en la zona de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

VI.2.2 Antecedentes nacionales

Torres et al. (2015), en su tesis titulada "Aplicación de microorganismos filamentosos para la remoción de DQO, DBO5 y amoníaco en el tratamiento de agua del río Chillón 2014", tuvo como finalidad demostrar la eficiencia del uso de microorganismos filamentosos (MF) para reducir contaminantes orgánicos en el río Chillón. El estudio empleó una metodología experimental de tipo caso experimental, comparando resultados antes y después de la aplicación de MF. La investigación incluyó una prueba controlada por 20 días de operación a lo largo del río Chillón. Para la recolección y análisis de datos se utilizaron instrumentos como espectrofotómetro para medir DQO y DBO5, así como el método NMP para la medición de coliformes. Los resultados mostraron una mejora significativa en la calidad del agua tras el tratamiento. La DQO disminuyó en un 65%, la DBO5 en un 75% y los coliformes en un 80%, evidenciando un alto nivel de eficiencia de estos organismos y microorganismos filamentosos.

En el año 2017, se realizó el estudio titulado "Tratamiento de aguas residuales mediante con membranas empujadas y calidad del agua para consumo humano, provincia de Huancayo 2017". Este estudio tuvo como propósito evaluar el comportamiento de la degradación de contaminantes en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Lima, utilizando membranas de calidad industrial. El estudio empleó una metodología basada en simulación matemática, aplicando simulaciones de ecuaciones diferenciales ordinarias (ODE) utilizando MATLAB. La investigación incluyó una prueba controlada por 12 meses consecutivos de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Lima, abarcando un período de 12 meses consecutivos de operación. Los resultados mostraron que los procesos de tratamiento mejoraron notablemente el 60% y el 80% en distintos tipos de contaminantes, reflejando una mejora considerable en la calidad del agua potable. Sin embargo, se evidenció que los coliformes fecales mostraron niveles elevados cuando se optimizaba ciertos etapas del tratamiento.

VI.2.3 Antecedentes regionales

García et al. (2015) "Informe Final de Evaluación Ambiental: Construcción del Río Pura", desarrolló como una tesis grado, tuvo como objetivo analizar la presencia de disruptores y acumulación de sólidos en el tramo urbano del río Pura, específicamente en la zona del Puente Beltrán. El estudio se realizó mediante una metodología cualitativa de

análisis de laboratorio, con el fin de comprender la situación ambiental de la cuenca y proponer de la política y acciones locales. Se utilizaron datos de calidad y niveles documentados como principales instrumentos de recolección de información. Los resultados evidenciaron una fuerte acumulación de residuos orgánicos y materia orgánica, además de altos niveles de contaminación. Asimismo, se evidenció la alteración de la estructura sedimentaria y la pérdida de biodiversidad, factores que influyen en la implementación de programas de conservación de este tramo urbano del río.

Por su parte, la tesis de Tanya Velasco (2014), titulada "Calidad Ambiental del Agua y Relación con Reservas Silvestres en el Río Pánuco (Lima)", tuvo como finalidad evaluar la calidad del agua en el río Pánuco, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

VI.2 Definiciones conceptuales

- VI.2.1 Definición de contaminación:
 - La degradación de contaminantes es el proceso mediante el cual sustancias orgánicas e inorgánicas se transforman en otros compuestos más simples y menos tóxicos. Este proceso puede ocurrir de forma natural o mediante el uso de tecnologías de tratamiento de aguas residuales. La degradación de contaminantes es un proceso que permite disminuir el estado ecológico del agua y el grado de riesgo ambiental.
 - En esta investigación, la degradación de contaminantes se refiere como la reducción cuantitativa de parámetros como DQO, DBO, metales pesados y coliformes, medida a partir de datos obtenidos de análisis químicos sistemáticos. Específicamente, según a Torres (2015), se evalúa la degradación cuando los valores de DQO,

[Handwritten signature]



El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

- 1. **Objetivo de la Investigación:** Analizar el impacto ambiental de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.
- 2. **Objetivos de la Investigación:** Identificar y evaluar los impactos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.
- 3. **Objetivos de la Investigación:** Prever la calidad de agua potable que se generará en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.
- 4. **Objetivos de la Investigación:** Evaluar la calidad del agua potable que se generará en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima.

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

El presente estudio de impacto ambiental (EIA) tiene como objetivo principal evaluar los efectos ambientales de la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Lima, considerando los aspectos de calidad del agua, calidad del aire, ruido, paisaje, patrimonio cultural, patrimonio arqueológico y patrimonio natural. El estudio se fundamenta en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 6463) y el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto Supremo N° 001-2011-UR).

Universidad Nacional de Frontera



Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Plan de trabajo de investigación formativa

Título: "Modelo de la Tasa de Degradación de un contaminante: Un Estudio de caso:
Cálculo de la Tasa de Degradación Ambiental"

Estadista responsable:

- Víctor Manuel López
• Nancy María López
• Ricardo Sánchez López
• Sergio Torres Rodríguez

Docente responsable:

Dr. Ricardo Torres Rodríguez

Nombre estudiante:

Estudiante de nombre: [Redacted]

Selima - Peru

Resumen general de la investigación

Objetivo de la investigación: La presente investigación tiene como objetivo principal...
Metodología: Se utilizó el método de investigación cualitativa...

Resultados: Los resultados de la investigación indican que...
Conclusiones: Se concluye que la tasa de degradación ambiental...

Referencias: [Bibliografía de fuentes consultadas]

Algunos datos de contacto

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo principal...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

En consecuencia, la presente investigación tiene como objetivo principal...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Este trabajo tiene como objetivo principal...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Algunos datos de contacto

La presente investigación tiene como objetivo principal...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Justificación

El presente estudio tiene como objetivo principal...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...


Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Este trabajo tiene como objetivo principal...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...

Respecto a la metodología de esta investigación se utilizará el método...
El presente estudio se fundamenta en la necesidad de...




UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA
 Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería
 Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Carré
 2.º Ciclo (5 Semestre)
 Códig
 12

Investigación Operativa
Diciembre 2020
 Wg. Tercer Semestre (1er. Medio)

Organización de Equipo de Trabajo:

- 1. Juan Carlos Cordero (1er. Integrante)
- 2. Katherine Yari (2da. Integrante)
- 3. Marjorie Torres (3er. Integrante)
- 4. Alejandra María de Jesús (4ta. Integrante)

Sumario de Actividades
 2020

Del 01 al 31 de Diciembre de 2020

INDICE

1. Introducción	01
2. Objetivos	02
3. Objetivos generales	03
4. Objetivos específicos	04
5. Marco teórico	05
6. Método de Investigación	06
7. Conclusión	07

1. Introducción

La investigación de operaciones (IO) es un método matemático que se utiliza para resolver problemas de optimización de recursos escasos. Este método se aplica en una gran variedad de campos, como la logística, la producción, la distribución y el transporte. El objetivo principal de la IO es encontrar la mejor solución posible para un problema dado, considerando todas las restricciones y objetivos involucrados.

En este trabajo se explorará el uso de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos. Se analizarán los diferentes métodos de IO y se aplicarán a un caso práctico de una empresa que busca optimizar su asignación de personal.

1.1. Objetivo de la Investigación Operativa (IO) en el contexto de la gestión de recursos humanos.

El objetivo principal de la IO es encontrar la mejor solución posible para un problema de optimización de recursos. En el contexto de la gestión de recursos humanos, esto implica encontrar la mejor manera de asignar el personal a diferentes tareas, considerando factores como el costo, el tiempo y la calidad del trabajo.

Los objetivos específicos de esta investigación son:

- 1. Identificar los problemas de optimización de recursos humanos que se enfrentan en la empresa.
- 2. Aplicar los métodos de IO para encontrar la mejor solución posible para cada problema.
- 3. Comparar los resultados obtenidos con los métodos tradicionales de gestión de recursos humanos.

1.2. Objetivos generales de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos.

Los objetivos generales de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos son:

- 1. Optimizar el uso de los recursos humanos.
- 2. Reducir los costos de operación.
- 3. Mejorar la calidad del servicio.
- 4. Aumentar la productividad.

1.3. Objetivos específicos de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos.

Los objetivos específicos de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos son:

- 1. Identificar los problemas de optimización de recursos humanos que se enfrentan en la empresa.
- 2. Aplicar los métodos de IO para encontrar la mejor solución posible para cada problema.
- 3. Comparar los resultados obtenidos con los métodos tradicionales de gestión de recursos humanos.

1.4. Objetivo de la Investigación Operativa (IO) en el contexto de la gestión de recursos humanos.

El objetivo principal de la IO es encontrar la mejor solución posible para un problema de optimización de recursos. En el contexto de la gestión de recursos humanos, esto implica encontrar la mejor manera de asignar el personal a diferentes tareas, considerando factores como el costo, el tiempo y la calidad del trabajo.

1.5. Objetivos generales de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos.

Los objetivos generales de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos son:

- 1. Optimizar el uso de los recursos humanos.
- 2. Reducir los costos de operación.
- 3. Mejorar la calidad del servicio.
- 4. Aumentar la productividad.

1.6. Objetivos específicos de la IO en el contexto de la gestión de recursos humanos.

Objetivo	Descripción
1. Identificar los problemas de optimización de recursos humanos que se enfrentan en la empresa.	Realizar un análisis de los recursos humanos disponibles y de las tareas que deben ser realizadas.
2. Aplicar los métodos de IO para encontrar la mejor solución posible para cada problema.	Utilizar los métodos de programación lineal y programación entera para encontrar la mejor asignación de personal.
3. Comparar los resultados obtenidos con los métodos tradicionales de gestión de recursos humanos.	Realizar un análisis de los costos y de la calidad del servicio para cada método de asignación de personal.





Título:
"Análisis de Impacto Ambiental de la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión de Alta Tensión para la Ingeniería Ambiental"

Curso: Gestión Ambiental

Docente Responsable:
Mg. Teresa Adelfo Vera Zárate

Examinador Responsable:
• M. Sc. Wilfredo Chávez Méndez
• M. Sc. Ricardo Sánchez Kojan
• Yvonne Espinoza

Asignatura Académica:
Gestión Ambiental (2014)

Objetivos Educativos de la Asignatura Académica

Al finalizar esta asignatura, el estudiante debe ser capaz de:

Objetivos Educativos

1. Reconocer el estado y calidad de los recursos naturales y ambientales.
2. Calcular el nivel de impacto ambiental de un proyecto de inversión.
3. Evaluar el nivel de riesgo ambiental de un proyecto de inversión.
4. Diseñar un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión.

Contenido Temático

El contenido de la asignatura se divide en tres bloques de aprendizaje:

1. Análisis de Impacto Ambiental: Conceptos, tipos, etapas, métodos de evaluación.
2. Evaluación de Impacto Ambiental: Métodos de evaluación, técnicas de valoración.
3. Plan de Manejo Ambiental: Conceptos, tipos, etapas, métodos de implementación.

Informe Técnico de Impacto Ambiental para la Ingeniería Ambiental

El presente informe técnico de Impacto Ambiental (ITA) tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión para la Ingeniería Ambiental.

Resumen de Actividades

El presente informe técnico de Impacto Ambiental (ITA) tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión para la Ingeniería Ambiental.

Actividad 1

Objetivo: Realizar el diagnóstico ambiental del área de estudio.

Descripción: Se realizó un diagnóstico ambiental del área de estudio, considerando los aspectos físico-químico, biológico y social. Se identificaron los recursos naturales y culturales presentes en el área de estudio, así como los impactos ambientales que se generan durante la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión.

Actividad 2

Objetivo: Realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto.

Descripción: Se realizó la evaluación de impacto ambiental del proyecto, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. Se evaluó el nivel de riesgo ambiental del proyecto y se diseñó un plan de manejo ambiental para mitigar los impactos negativos.

Actividad	Objetivo	Descripción	Fecha	Estado
1. Diagnóstico Ambiental	Realizar el diagnóstico ambiental del área de estudio.	Se realizó un diagnóstico ambiental del área de estudio, considerando los aspectos físico-químico, biológico y social. Se identificaron los recursos naturales y culturales presentes en el área de estudio, así como los impactos ambientales que se generan durante la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión.	15/05/2014	Finalizada
2. Evaluación de Impacto Ambiental	Realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto.	Se realizó la evaluación de impacto ambiental del proyecto, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. Se evaluó el nivel de riesgo ambiental del proyecto y se diseñó un plan de manejo ambiental para mitigar los impactos negativos.	20/05/2014	Finalizada
3. Plan de Manejo Ambiental	Diseñar un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión.	Se diseñó un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. El plan de manejo ambiental incluye medidas de mitigación, monitoreo y reporte de impactos.	25/05/2014	Finalizada

Mano escrita

Actividad	Objetivo	Descripción	Fecha	Estado
1. Diagnóstico Ambiental	Realizar el diagnóstico ambiental del área de estudio.	Se realizó un diagnóstico ambiental del área de estudio, considerando los aspectos físico-químico, biológico y social. Se identificaron los recursos naturales y culturales presentes en el área de estudio, así como los impactos ambientales que se generan durante la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión.	15/05/2014	Finalizada
2. Evaluación de Impacto Ambiental	Realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto.	Se realizó la evaluación de impacto ambiental del proyecto, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. Se evaluó el nivel de riesgo ambiental del proyecto y se diseñó un plan de manejo ambiental para mitigar los impactos negativos.	20/05/2014	Finalizada
3. Plan de Manejo Ambiental	Diseñar un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión.	Se diseñó un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. El plan de manejo ambiental incluye medidas de mitigación, monitoreo y reporte de impactos.	25/05/2014	Finalizada

Actividad	Objetivo	Descripción	Fecha	Estado
1. Diagnóstico Ambiental	Realizar el diagnóstico ambiental del área de estudio.	Se realizó un diagnóstico ambiental del área de estudio, considerando los aspectos físico-químico, biológico y social. Se identificaron los recursos naturales y culturales presentes en el área de estudio, así como los impactos ambientales que se generan durante la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión.	15/05/2014	Finalizada
2. Evaluación de Impacto Ambiental	Realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto.	Se realizó la evaluación de impacto ambiental del proyecto, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. Se evaluó el nivel de riesgo ambiental del proyecto y se diseñó un plan de manejo ambiental para mitigar los impactos negativos.	20/05/2014	Finalizada
3. Plan de Manejo Ambiental	Diseñar un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión.	Se diseñó un plan de manejo ambiental para un proyecto de inversión, considerando los impactos directos e indirectos de la construcción y operación de la línea de transmisión de alta tensión. El plan de manejo ambiental incluye medidas de mitigación, monitoreo y reporte de impactos.	25/05/2014	Finalizada

Bibliografía

- 1. Ley N.º 28611, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Ley N.º 28611, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Ley N.º 28611, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- 2. Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- 3. Norma Técnica peruana N.º 389-2003, Norma Técnica peruana N.º 389-2003, Norma Técnica peruana N.º 389-2003.
- 4. Norma Técnica peruana N.º 390-2003, Norma Técnica peruana N.º 390-2003, Norma Técnica peruana N.º 390-2003.
- 5. Norma Técnica peruana N.º 391-2003, Norma Técnica peruana N.º 391-2003, Norma Técnica peruana N.º 391-2003.





INFORME ACADÉMICO

TEMA

Derivada de una función

Curso

Cálculo Diferencial

Ciclo

II

Alumno

Mg. José Antonio Torres Salazar

Profesor

Walter José Herrera Ruiz

Fecha

15/05/2023

INTRODUCCIÓN

El cálculo diferencial constituye una de las ramas fundamentales de las matemáticas modernas, con amplias aplicaciones en la ciencia, la ingeniería, la economía, las ciencias ambientales y múltiples disciplinas afines. Dentro de este campo, la derivada de una función se erige como un concepto central, ya que permite analizar y describir el comportamiento de fenómenos que involucran cambios, variación y movimiento. Desde el conocimiento posicional y la velocidad de un objeto, hasta la optimización de recursos y el análisis de procesos físicos y biológicos, la derivada ofrece una herramienta matemática poderosa para comprender cómo una magnitud varía respecto a otra.

Historicamente, el concepto de derivada se desarrolló a finales del siglo XVII gracias a los trabajos independientes de Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz, quienes buscaban formalizar matemáticamente el estudio del movimiento y el cambio. A partir de sus aportes, el cálculo diferencial evolucionó hasta convertirse en una disciplina rigurosa, con definiciones formales basadas en el concepto de límite, lo que permitió establecer fundamentos sólidos para su aplicación científica y académica.

Desde un punto de vista matemático, la derivada de una función en un punto específico representa la razón de cambio instantánea de la variable dependiente respecto a la variable independiente. Es decir, mide cómo cambia una función cuando su variable independiente experimenta una variación infinitesimal. Desempeñándose, la derivada se interpreta como la pendiente de la recta tangente a la gráfica de la función en un punto dado, proporcionando información clave sobre la inclinación, el crecimiento o decrecimiento y la concavidad de la función.

La importancia de la derivada radica no solo en su significado teórico, sino también en su utilidad práctica. En física, por ejemplo, la derivada permite calcular la velocidad y la aceleración a partir de la posición de un objeto en función del tiempo. En economía, se utiliza para analizar costos marginales, ingresos marginales y maximización de beneficios. En biología y ciencias ambientales, la derivada facilita el estudio de tasas de crecimiento, dinámicas poblacionales y variaciones en procesos naturales. De este modo, la derivada se convierte en una herramienta transversal que conecta las matemáticas con la realidad observable.

Asimismo, el estudio de la derivada de una función favorece el desarrollo del razonamiento lógico, el pensamiento analítico y la capacidad de modelar situaciones reales mediante ecuaciones matemáticas. Su alcance no se limita a la aplicación mecánica de reglas, sino que implica la comprensión profunda de los conceptos de límite, continuidad y variación, los cuales constituyen pilares esenciales del análisis matemático.

En el ámbito académico, la derivada es un contenido clave en la formación básica y superior, ya que sirve como base para el estudio de temas más avanzados como la integral, las ecuaciones diferenciales y el cálculo multivariable. Por esta razón, su correcta comprensión resulta indispensable

Introducción	1
Definición de derivada	2
Tipos de derivadas	3
Derivada de una función elemental	4
Derivada de una función compuesta	5
Derivada de una función implícita	6
Derivada de una función inversa	7
Derivada de una función vectorial	8
Derivada de una función de varias variables	9
Derivada de una función de orden superior	10
Derivada de una función de orden superior	11
Derivada de una función de orden superior	12
Derivada de una función de orden superior	13
Derivada de una función de orden superior	14
Derivada de una función de orden superior	15
Derivada de una función de orden superior	16
Derivada de una función de orden superior	17
Derivada de una función de orden superior	18
Derivada de una función de orden superior	19
Derivada de una función de orden superior	20
Derivada de una función de orden superior	21
Derivada de una función de orden superior	22
Derivada de una función de orden superior	23
Derivada de una función de orden superior	24
Derivada de una función de orden superior	25
Derivada de una función de orden superior	26
Derivada de una función de orden superior	27
Derivada de una función de orden superior	28
Derivada de una función de orden superior	29
Derivada de una función de orden superior	30
Derivada de una función de orden superior	31
Derivada de una función de orden superior	32
Derivada de una función de orden superior	33
Derivada de una función de orden superior	34
Derivada de una función de orden superior	35
Derivada de una función de orden superior	36
Derivada de una función de orden superior	37
Derivada de una función de orden superior	38
Derivada de una función de orden superior	39
Derivada de una función de orden superior	40
Derivada de una función de orden superior	41
Derivada de una función de orden superior	42
Derivada de una función de orden superior	43
Derivada de una función de orden superior	44
Derivada de una función de orden superior	45
Derivada de una función de orden superior	46
Derivada de una función de orden superior	47
Derivada de una función de orden superior	48
Derivada de una función de orden superior	49
Derivada de una función de orden superior	50
Derivada de una función de orden superior	51
Derivada de una función de orden superior	52
Derivada de una función de orden superior	53
Derivada de una función de orden superior	54
Derivada de una función de orden superior	55
Derivada de una función de orden superior	56
Derivada de una función de orden superior	57
Derivada de una función de orden superior	58
Derivada de una función de orden superior	59
Derivada de una función de orden superior	60
Derivada de una función de orden superior	61
Derivada de una función de orden superior	62
Derivada de una función de orden superior	63
Derivada de una función de orden superior	64
Derivada de una función de orden superior	65
Derivada de una función de orden superior	66
Derivada de una función de orden superior	67
Derivada de una función de orden superior	68
Derivada de una función de orden superior	69
Derivada de una función de orden superior	70
Derivada de una función de orden superior	71
Derivada de una función de orden superior	72
Derivada de una función de orden superior	73
Derivada de una función de orden superior	74
Derivada de una función de orden superior	75
Derivada de una función de orden superior	76
Derivada de una función de orden superior	77
Derivada de una función de orden superior	78
Derivada de una función de orden superior	79
Derivada de una función de orden superior	80
Derivada de una función de orden superior	81
Derivada de una función de orden superior	82
Derivada de una función de orden superior	83
Derivada de una función de orden superior	84
Derivada de una función de orden superior	85
Derivada de una función de orden superior	86
Derivada de una función de orden superior	87
Derivada de una función de orden superior	88
Derivada de una función de orden superior	89
Derivada de una función de orden superior	90
Derivada de una función de orden superior	91
Derivada de una función de orden superior	92
Derivada de una función de orden superior	93
Derivada de una función de orden superior	94
Derivada de una función de orden superior	95
Derivada de una función de orden superior	96
Derivada de una función de orden superior	97
Derivada de una función de orden superior	98
Derivada de una función de orden superior	99
Derivada de una función de orden superior	100

para establecer de condon, rigurosidad y claridad sus ideas, así como para el desarrollo de investigaciones que requieran análisis cuantitativos precisos. En síntesis, la derivada de una función representa una herramienta matemática fundamental para describir, analizar y predecir fenómenos de cambio continuo. Su relevancia trasciende los límites de un concepto indispensable dentro del cálculo diferencial y en un pilar esencial del conocimiento científico contemporáneo.

Marco Teórico

Concepto general de la derivada
La derivada de una función es un concepto fundamental del cálculo diferencial que permite describir y analizar la variación de una magnitud con respecto a otra. Matemáticamente, se utiliza para cuantificar el cambio instantáneo de una variable dependiente en relación con una variable independiente. Este concepto es esencial para el estudio de fenómenos continuos, ya que muchos procesos en la naturaleza, la física y la ingeniería se caracterizan por cambios progresivos y no discretos.

En términos generales, si una función describe una relación entre dos variables, la derivada indica la rapidez con la que dicha relación se modifica. Por ello, la derivada se interpreta como una medida de sensibilidad cuando cambia el valor de la función cuando la variable independiente sufre una variación muy pequeña.

Origen histórico del concepto de derivada:
El desarrollo de la derivada se remonta al siglo XVII, con los aportes de Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz, quienes, de manera independiente, formularon las bases del cálculo diferencial. Newton abordó el problema desde el estudio del movimiento y el tiempo, introduciendo la noción de "fluencias", mientras que Leibniz desarrolló un sistema analítico que facilitó la formalización de los cambios infinitesimales.

Con el paso del tiempo, el concepto de derivada fue refinado y formalizado mediante el uso del límite, lo que permitió superar las dificultades conceptuales asociadas a los infinitesimales. Este proceso de formalización sentó las bases del análisis matemático moderno y consolidó la derivada como una herramienta rigurosa y universal.

Definición formal de la derivada:
Desde un enfoque matemático riguroso, la derivada de una función en un punto se define como el límite del cociente incremental del incremento de la variable independiente frente a cero. Esta definición garantiza la exactitud del concepto y permite establecer criterios claros para la existencia de la derivada. La derivada de una función $f(x)$ en un punto x se expresa como:

Handwritten signature

Definición de derivada:
La derivada de una función en un punto es el límite del cociente incremental cuando el incremento de la variable independiente tiende a cero. Matemáticamente, se expresa como:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Tipos de derivadas:
Existen dos tipos principales de derivadas: la derivada ordinaria (o primera derivada) y la derivada de orden superior. La derivada ordinaria mide la tasa de cambio instantánea de una función, mientras que las derivadas de orden superior miden la tasa de cambio de las derivadas de orden inferior.

Reglas de derivación:
Existen varias reglas fundamentales para calcular derivadas, como la regla de la potencia, la regla del producto, la regla del cociente y la regla de la cadena. Estas reglas permiten derivar funciones complejas de manera sistemática.

Aplicaciones de la derivada:
La derivada tiene numerosas aplicaciones en física, ingeniería, economía y ciencias ambientales. Por ejemplo, en física, la derivada de la posición respecto al tiempo es la velocidad, y la derivada de la velocidad es la aceleración. En economía, se utiliza para calcular costos marginales y maximizar beneficios.

Definición de derivada:
La derivada de una función en un punto es el límite del cociente incremental cuando el incremento de la variable independiente tiende a cero. Matemáticamente, se expresa como:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Tipos de derivadas:
Existen dos tipos principales de derivadas: la derivada ordinaria (o primera derivada) y la derivada de orden superior. La derivada ordinaria mide la tasa de cambio instantánea de una función, mientras que las derivadas de orden superior miden la tasa de cambio de las derivadas de orden inferior.

Reglas de derivación:
Existen varias reglas fundamentales para calcular derivadas, como la regla de la potencia, la regla del producto, la regla del cociente y la regla de la cadena. Estas reglas permiten derivar funciones complejas de manera sistemática.

Aplicaciones de la derivada:
La derivada tiene numerosas aplicaciones en física, ingeniería, economía y ciencias ambientales. Por ejemplo, en física, la derivada de la posición respecto al tiempo es la velocidad, y la derivada de la velocidad es la aceleración. En economía, se utiliza para calcular costos marginales y maximizar beneficios.

Tipos de derivadas:
Existen dos tipos principales de derivadas: la derivada ordinaria (o primera derivada) y la derivada de orden superior. La derivada ordinaria mide la tasa de cambio instantánea de una función, mientras que las derivadas de orden superior miden la tasa de cambio de las derivadas de orden inferior.

Reglas de derivación:
Existen varias reglas fundamentales para calcular derivadas, como la regla de la potencia, la regla del producto, la regla del cociente y la regla de la cadena. Estas reglas permiten derivar funciones complejas de manera sistemática.

Aplicaciones de la derivada:
La derivada tiene numerosas aplicaciones en física, ingeniería, economía y ciencias ambientales. Por ejemplo, en física, la derivada de la posición respecto al tiempo es la velocidad, y la derivada de la velocidad es la aceleración. En economía, se utiliza para calcular costos marginales y maximizar beneficios.



5. Interpretación y aplicación: Se analizan ejemplos y casos representativos que demuestran la utilidad de la derivada en distintos contextos científicos.

Método de análisis de la derivada:

Para el estudio de la derivada de una función se emplea un método deductivo, partiendo de principios generales del cálculo diferencial hacia aplicaciones específicas. Este método permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones. Asimismo, se utiliza el método lógico-matemático, que consiste en la aplicación rigurosa de definiciones, axiomas y teoremas, garantizando la coherencia interna y la validez de los resultados obtenidos. Este enfoque es esencial para asegurar la precisión en el análisis de funciones y sus derivadas.

Estrategia para el estudio de derivadas:

- La metodología para el estudio de la derivada de una función incluye las siguientes fases:
1. Identificación del tipo de función (polinómica, racional, exponencial, logarítmica o trigonométrica).
 2. Selección de la regla de derivación adecuada (potencia, producto, cociente o cadena).
 3. Aplicación correcta de la regla, respetando los principios algebraicos.
 4. Simplificación del resultado obtenido.
 5. Interpretación del significado de la derivada en el contexto del problema planteado.

Este procedimiento sistemático permite garantizar resultados precisos y comprensibles.

Validación de la información:

La validez del estudio se asegura mediante la triangulación de fuentes, comparando la información obtenida de distintas fuentes reconocidas en el área del cálculo diferencial. Esta estrategia permite verificar la coherencia de las definiciones y procedimientos, así como identificar coincidencias conceptuales especialmente relevantes para la comunidad académica.

Consideraciones éticas:

El desarrollo de la investigación respeta los principios éticos de la producción académica, basados en la correcta citación de fuentes, el reconocimiento de la autoría intelectual y el uso responsable de la información. Todas las citas, definiciones y procedimientos utilizados en el estudio se sustentan en fuentes confiables y debidamente referenciadas.

RESULTADO:

Análisis del estudio de la derivada de una función

Como resultado del desarrollo metodológico y del análisis teórico realizado sobre la derivada de una función, se obtuvieron hallazgos relevantes que permiten comprender su importancia, así como su matemática y aplicabilidad en distintos contextos científicos. Estos resultados se organizaron en función de los objetivos del estudio y de los ejes conceptuales abordados.

Comprensión del concepto de razón de cambio:

Uno de los principales resultados del estudio es la consolidación del concepto de la derivada como medida de la razón de cambio instantánea de una función. A partir del análisis de la derivación formal basada en el límite, se distinguió que la derivada permite describir con precisión cómo varía una magnitud respecto a otra en un instante específico, superando la noción de cambio promedio.

Este resultado evidencia que la derivada constituye una herramienta matemática indispensable para modelar fenómenos críticos, ya que proporciona información local y exacta sobre el comportamiento de una función en cada punto de su dominio.

Interpretación geométrica validada:

El análisis geométrico permitió establecer que la derivada de una función en un punto corresponde a la pendiente de la recta tangente a la gráfica de la función en dicho punto. Este resultado facilita la visualización del comportamiento de las funciones, permitiendo identificar intervalos de crecimiento, decrecimiento y estabilidad.

Asimismo, se comprobó que:

- Derivadas positivas indican funciones crecientes.
- Derivadas negativas indican funciones decrecientes.
- Derivadas nulas señalan puntos críticos.

Este enfoque geométrico refuerza la comprensión conceptual de la derivada y su utilidad en el análisis gráfico de funciones.

Relación entre derivabilidad y continuidad:

Como resultado del estudio teórico, se confirmó que la derivabilidad implica continuidad, pero no a la inversa. Es decir, toda función derivable es continua, pero no toda función continua es derivable. Este hallazgo resulta fundamental para el análisis matemático, ya que permite identificar funciones que presentan irregularidades como esquinas o saltos, donde la derivada no existe.

Este resultado refuerza la importancia de evaluar previamente las condiciones de continuidad antes de aplicar las reglas de derivación.

Resumen de los tipos de derivadas:

En una derivada de las reglas de derivación, se analizan los tipos de derivadas y se verifica que el cálculo diferencial, analizando la derivada de una función en un punto, se puede aplicar a distintos tipos de funciones, como polinómicas, racionales, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Análisis del comportamiento de las funciones:

El estudio de la derivada de una función permite comprender su comportamiento en un punto, así como su comportamiento en un intervalo. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Validación de la información:

La validez del estudio se asegura mediante la triangulación de fuentes, comparando la información obtenida de distintas fuentes reconocidas en el área del cálculo diferencial. Esta estrategia permite verificar la coherencia de las definiciones y procedimientos, así como identificar coincidencias conceptuales especialmente relevantes para la comunidad académica.

Resumen de los tipos de derivadas:

En una derivada de las reglas de derivación, se analizan los tipos de derivadas y se verifica que el cálculo diferencial, analizando la derivada de una función en un punto, se puede aplicar a distintos tipos de funciones, como polinómicas, racionales, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Análisis del comportamiento de las funciones:

El estudio de la derivada de una función permite comprender su comportamiento en un punto, así como su comportamiento en un intervalo. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Validación de la información:

La validez del estudio se asegura mediante la triangulación de fuentes, comparando la información obtenida de distintas fuentes reconocidas en el área del cálculo diferencial. Esta estrategia permite verificar la coherencia de las definiciones y procedimientos, así como identificar coincidencias conceptuales especialmente relevantes para la comunidad académica.

Resumen de los tipos de derivadas:

En una derivada de las reglas de derivación, se analizan los tipos de derivadas y se verifica que el cálculo diferencial, analizando la derivada de una función en un punto, se puede aplicar a distintos tipos de funciones, como polinómicas, racionales, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Análisis del comportamiento de las funciones:

El estudio de la derivada de una función permite comprender su comportamiento en un punto, así como su comportamiento en un intervalo. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Validación de la información:

La validez del estudio se asegura mediante la triangulación de fuentes, comparando la información obtenida de distintas fuentes reconocidas en el área del cálculo diferencial. Esta estrategia permite verificar la coherencia de las definiciones y procedimientos, así como identificar coincidencias conceptuales especialmente relevantes para la comunidad académica.

Resumen de los tipos de derivadas:

En una derivada de las reglas de derivación, se analizan los tipos de derivadas y se verifica que el cálculo diferencial, analizando la derivada de una función en un punto, se puede aplicar a distintos tipos de funciones, como polinómicas, racionales, exponenciales, logarítmicas y trigonométricas. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Análisis del comportamiento de las funciones:

El estudio de la derivada de una función permite comprender su comportamiento en un punto, así como su comportamiento en un intervalo. Este enfoque permite comprender cómo las reglas generales de derivación se aplican a distintos tipos de funciones.

Validación de la información:

La validez del estudio se asegura mediante la triangulación de fuentes, comparando la información obtenida de distintas fuentes reconocidas en el área del cálculo diferencial. Esta estrategia permite verificar la coherencia de las definiciones y procedimientos, así como identificar coincidencias conceptuales especialmente relevantes para la comunidad académica.

Resumen de los tipos de derivadas: Este resultado refuerza la importancia de evaluar previamente las condiciones de derivabilidad antes de aplicar procedimientos de derivación, evitando interpretaciones erróneas en el análisis matemático.

Una conclusión relevante es que las reglas de derivación constituyen herramientas eficaces para el cálculo de derivadas de funciones complejas, siempre que su aplicación esté respaldada por una comprensión sólida de la definición formal de la derivada. El estudio demuestra que el uso adecuado de estas reglas, en una base conceptual adecuada, puede evitar la interpretación errónea de los resultados obtenidos.

En cuanto a las aplicaciones, se concluye que la derivada posee un carácter transversal y multidisciplinario. Su utilidad en campos como la física, la ingeniería, la economía y las ciencias naturales evidencia su relevancia como herramienta para modelar, analizar y optimizar procesos reales. Este conocimiento es fundamental para la resolución de problemas prácticos.

Desde una perspectiva educativa, se concluye que el estudio de la derivada contribuye significativamente al desarrollo del pensamiento lógico, analítico y crítico. La comprensión de este concepto permite a los estudiantes fortalecer sus habilidades de razonamiento matemático y establecer conexiones entre distintos dominios y subdominios matemáticos, lo cual resulta esencial en la formación científica y técnica.

Finalmente, se concluye que la derivada de una función se consolida como un concepto central del cálculo diferencial, cuya correcta comprensión y aplicación permiten avanzar hacia temas matemáticos más complejos, como la integración, las ecuaciones diferenciales y el cálculo multivariable. En consecuencia, su estudio riguroso y sistemático resulta indispensable para el desarrollo del conocimiento matemático y científico contemporáneo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

Apostol, T. M. (2007). *Cálculo*, Volume 1. One-variable calculus, with an introduction to linear algebra (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Larson, R., & Edwards, B. H. (2016). *Cálculo* (10ª ed.). McGraw-Hill Education.

Quelley, (2022). *Cálculo* (1ª ed.). Pearson Educación.

Stewart, J. (2013). *Cálculo de una variable: Trascendentes tempranas* (7ª ed.). Cengage Learning.

Thomas, G. B., Weir, M. D., & Hass, J. (2015). *Cálculo* (14ª ed.). Pearson Educación.

Khan Academy. (s.f.). *Derivadas* and *derivación*. <https://www.khanacademy.org/math/multivariable-calculus>

Courant, R., & John, F. (1969). *Introduction to calculus and analysis*, Volume 1. Springer.

• Bivsek, M. (2008). *Cálculo* (4ta ed.). Edición de Peris.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

RESOLUCIÓN DE VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA N° 035-2025-UNF-VPAC

Sullana, 19 de noviembre de 2025.

VISTOS:

Oficio N° 479-2025-UNF-OAJ de fecha 07 de noviembre de 2025, Oficio N° 1393-2025-UNF-VPAC/FCEA de fecha 30 de setiembre de 2025, Informe N° 165-2025-UNF-VPAC/FCEA-UI de fecha 26 de setiembre de 2025, Oficio N° 042-2025-UNF-VPAC/FCEA/TJJA-IA de fecha 22 de setiembre de 2025, y

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 18° de la Constitución Política del Perú, prescribe que la Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico: Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes.

Que, mediante Ley N° 29568 del 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que, el artículo 8° de la Ley Universitaria N° 30220, establece que la autonomía, inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que, conforme al numeral 6.1.1 de la RVM N° 244-2021-MINEDU, la Comisión Organizadora se encuentra integrada por un Presidente y dos Vicepresidentes, encargados de dirigir y ejecutar las políticas en los ámbitos académico y de investigación respectivamente.

Que, mediante Resolución de Presidencia de Comisión Organizadora N° 198-2025-UNF/PCO, de fecha 13 de octubre de 2025, se resuelve la formalización de la emisión de Resoluciones Vicepresidenciales, su alcance, la elevación de expedientes a la Comisión Organizadora, el procedimiento de elevación, el reconocimiento de la responsabilidad técnica y supervisión y ejecución.

Página | 1





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 916-2024-UNF/CO, de fecha 28 de octubre de 2024, se actualizó el Reglamento de Organización y Funciones de la Universidad Nacional de Frontera (ROF-UNF), el cual establece en sus artículos lo siguiente:

Artículo 13°. Vicerrectorado Académico

El Vicerrectorado Académico es el órgano de dirección encargado de proponer y promover las políticas y normas académicas de formación integral; y, de organizar, programar, ejecutar y controlar el desarrollo de la actividad académica a través de los órganos de línea dependientes, en concordancia con las directivas impartidas por el Rector.

CAPÍTULO VI

06. DE LOS ÓRGANOS DE LÍNEA

Constituyen órganos de línea de la UNF los siguientes:

...()

06.2.3 Unidad de Investigación

Artículo 85°. Unidad de Investigación

La Unidad de Investigación es la unidad de organización de línea que depende del Decanato, encargada de integrar las actividades de investigación de la Facultad, las cuales deben estar enmarcadas en las líneas de investigación aprobadas.

Artículo 86°. Funciones de la Unidad de Investigación

86.1. Organizar y conducir la actividad de investigación a través de los docentes como parte de su tarea académica en la forma que determine el Estatuto.



Que mediante la Resolución de Decanato N° 095-2023-UNF-FCEA, de fecha 25 de mayo de 2024, se aprobó el Reglamento de Investigación Formativa de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales presentado por la Comisión de Investigación Formativa FCEA-UNF y que tiene como finalidad establecer los lineamientos para el desarrollo de investigación formativa de la facultad en mención y Escuelas Profesionales adscritas, que involucran a docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Frontera.

Página | 2

Que, el Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004- 2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la Constitución, la Ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Que, mediante Oficio N° 042-2025-UNF-VPAC/FCEA/TJJA-IA de fecha 22 de setiembre de 2025, la docente Mgtr. Teresa Juliana Jara Alarcón, presenta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales, el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

"Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental" solicitando la aprobación de dicho plan con la emisión de acto resolutivo correspondiente.

Que mediante Informe N° 165-2025-UNF-VPAC/FCEA-UI de fecha 26 de setiembre de 2025 el Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales remite al Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, otorgando la conformidad y viabilidad del citado plan, en atención a que cumple satisfactoriamente con los requisitos académicos, técnicos y administrativos establecidos por la Unidad de Investigación, así mismo dispone que el informe final del plan de investigación formativa sea entregado hasta el 22 de diciembre, conforme al cronograma, bajo responsabilidad

Que, mediante Oficio N° 1393-2025-UNF-VPAC/FCEA de fecha 30 de setiembre de 2025, el Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales solicita la aprobación del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, indicando que el mismo se financiará con fondos presupuestales del equipo investigador, por lo tanto no requiere asignación de partida presupuestaria alguna para su ejecución.



Que con Oficio N° 479-2025-UNF-OAJ de fecha 07 de noviembre de 2025, el Jefe de la Oficina de Asesoría Jurídica, emite opinión favorable respecto del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, dejando al margen de la discrecionalidad de esta Vicepresidencia Académica, su evaluación, advirtiendo que su ejecución contribuye al fortalecimiento académico, en atención al interés superior de los estudiantes.

Página | 3

Que, la aprobación del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, es viable y justificado, ya que tiene como finalidad analizar e interpretar diversos modelos de degradación aplicados a un contaminante específico, empleando herramientas del cálculo diferencial para comprender su comportamiento en el tiempo, buscando fortalecer las competencias analíticas de los estudiantes de Ingeniería Ambiental mediante la aplicación de modelos matemáticos que permitan explicar, predecir y evaluar procesos de degradación, contribuyendo así a la formación de capacidades para la gestión y control de la contaminación ambiental. Haciendo hincapié que la aprobación de este Plan de Investigación Formativa cuenta con el respaldo de



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

los informes emitidos por las áreas competentes, los cuales avalan técnica y académicamente la pertinencia, factibilidad y coherencia del mismo.

Que, de conformidad al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la Constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Que, el numeral 17.1 del Artículo 17° del TUO de la Ley N° 27444, Ley del procedimiento Administrativo General, dispone que: "La autoridad podrá disponer en el mismo acto administrativo que tenga eficacia anticipada a su emisión, sólo si fuera más favorable a los administrados, y siempre que no lesione derechos fundamentales o intereses de buena fe legalmente protegidos a terceros y que existiera en la fecha a la que pretenda retrotraerse la eficacia del acto el supuesto de hecho justificativo para su adopción".

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria N° 30220, el TUO de la Ley de Procedimiento Administrativo General Ley N° 27444, la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y la Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU.

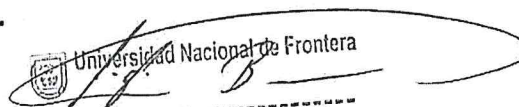
SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – **APROBAR** con eficacia anticipada el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa "Análisis interpretativo de Modelados de Degradación en un Contaminante: Un enfoque desde el cálculo diferencial para la Ingeniería Ambiental"**, propuesto por la responsable docente Mgtr. Teresa Juliana Jara Alarcón, coasesor Mgtr. Handry Martín Rodas Purizaca, y el estudiante de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución

ARTÍCULO SEGUNDO. - **ENCARGAR** a la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de esta Casa Superior de Estudios en coordinación con los responsables del citado plan, la ejecución, operatividad y seguimiento del plan aprobado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - **NOTIFICAR** a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.


Universidad Nacional de Frontera
Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez
VICEPRESIDENTE ACADÉMICO DE LA
COMISIÓN ORGANIZADORA