



## La interdisciplinariedad en la disciplina Física General para la formación de ingenieros hidráulicos

### The relate interdisciplinary in the General Physical discipline for the formation of hydraulic engineers

Enrique San Gil-Treto

✉ [enriquest@unica.cu](mailto:enriquest@unica.cu)

 <https://orcid.org/0000-0001-9334-7377>

Luis Eduardo Rodríguez-Rodríguez

✉ [luiseduardorr745@gmail.com](mailto:luiseduardorr745@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0001-9581-9542>

Yamila Chamizo-Bosh

✉ [yamilachb@unica.cu](mailto:yamilachb@unica.cu)

 <https://orcid.org/0000-00025122-4325>

Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba.

#### Resumen

Los contenidos de la Física General y de la Matemática Superior en la carrera de Ingeniería Hidráulica presentan amplias posibilidades para establecer las relaciones interdisciplinarias. Sin embargo, se constatan limitaciones en el proceder de los profesores que trabajan con el currículo básico para sistematizar dicho enfoque, principalmente en la etapa de planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje. En la investigación realizada, desde un enfoque mixto, se utilizaron los métodos de modelación, la sistematización de la teoría y la práctica, las pruebas pedagógicas y el pre-experimento. Para contribuir a resolver la problemática enunciada se diseñó un procedimiento metodológico encaminado a preparar a los profesores para establecer las relaciones interdisciplinarias desde la etapa de diseño del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física General. El procedimiento permitió diseñar un sistema de tareas docentes interdisciplinarias que se validó mediante un pre-experimento pedagógico en la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila.

**Palabras clave:** interdisciplinariedad, nodos cognitivos, procedimiento metodológico, solución

de problemas de Física

## Abstract

The contents of the General Physics and of the Mathematical Superior in the career of Hydraulic Engineering present wide possibilities to establish the interdisciplinary relationships. However, limitations are verified in coming mainly from the professors that work with the basic curriculum to systematize this focus, in the stage of planning of the teaching-learning process. In the carried out investigation, from a mixed focus, to the model methods, the systematizing of the theory and the practice, the pedagogic tests and the pre-experiment were used. To contribute to solve the enunciated problem a methodological procedure it was designed guided to prepare the professors to establish the interdisciplinary relationships from the stage of design of the process of teaching-learning of the General Physics. The procedure allowed to design a system of interdisciplinary educational tasks that was validated by means of a pedagogic pre-experiment in the career of Hydraulic Engineering of the University of Blind of Ávila.

**Keywords:** relate interdisciplinary, nodes of the knowledge, methodological procedure, solution of physics problems

## Introducción

La disciplina de Física General se considera de relevante importancia para la formación del ingeniero hidráulico debido a que, además de garantizar la apropiación de conocimientos y habilidades básicas para el desempeño de este tipo de profesionales, los dota de métodos y procedimientos para resolver problemas en diversos contextos de actuación.

Resulta frecuente que en la práctica pedagógica se constaten insuficiencias en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física, las que se manifiestan en aspectos tales como: la utilización de los conocimientos precedentes para la obtención de nuevos conceptos y leyes, se aprecia desmotivación por la asignatura al no revelarse la utilidad de los contenidos en su vida práctica, persisten limitaciones en el desarrollo de habilidades (análisis, síntesis, manejo de información, pensamiento crítico, investigación).

Se ha podido corroborar como una de las causas principales de esta problemática que los

contenidos que se abordan en las aulas se imparten sin tener en cuenta los vínculos con otras asignaturas o disciplinas, es decir, se les plantean ejercicios en los que solo deben buscar el algoritmo, la frase o el contenido para resolverlos, sin que estos estimulen su creatividad o propicien la contextualización necesaria que les permita establecer el vínculo con la realidad a la que se enfrentan los estudiantes con su futura profesión (Benítez Hernández et al., 2021; Díaz Lozada y Ortega Breto, 2022; Molina Rodríguez et al., 2022).

Para dar atención a estas dificultades es necesario que el docente haga un uso adecuado de las herramientas que contribuyan a la motivación de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje; sin embargo, en ocasiones no se utilizan o se usan de manera inadecuada. En el caso particular de la enseñanza de la Física, los problemas que se utilizan en las clases conducen a procesos de resolución deterministas y encausados, por lo que limitan la capacidad de comprensión y desarrollo de las habilidades cognitivas de los estudiantes (Rodríguez Rodríguez et al., 2021).

Este análisis indica que se requiere el abordaje del proceso de enseñanza-aprendizaje con una mirada interdisciplinar, donde la resolución de problemas facilite la educación integral y contextualizada al medio donde se desenvuelve el estudiante, que les permita adoptar una posición crítica frente a situaciones sociales e influir positivamente, acorde con las necesidades reales de la sociedad, por lo que se propone la resolución de problemas desde una estrategia de enseñanza – aprendizaje con un enfoque de aprendizaje conceptual, procedimental y actitudinal por parte de los estudiantes (Pérez Ponce de León et. al., 2018; Ramos Bañobre y Rodríguez Rodríguez, 2018).

Para contribuir al perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física General para la formación del ingeniero hidráulico se considera que constituye una necesidad la elaboración de procedimientos metodológicos que permitan establecer las relaciones interdisciplinarias entre la Matemática y la Física a través de la resolución de problemas, comenzando con la búsqueda y análisis de información (documentos del proceso docente de años anteriores: preparación de asignaturas, planes de clases, preparación de disciplinas), desde la etapa de autopreparación del docente.

Consecuentemente con las ideas anteriores, el objetivo de este trabajo es proponer un procedi-

miento metodológico para establecer las relaciones interdisciplinarias entre la Matemática y la Física General a través de la resolución de problemas de Física General en la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Ciego de Ávila.

El proceso de búsqueda y procesamiento de la información, mediante el estudio de documentos, la sistematización de la teoría y la práctica, la observación de clases y las pruebas pedagógicas realizadas a los estudiantes, permitió sistematizar los fundamentos de la interdisciplinariedad y su relación con la solución de problemas de Física (tipología, fundamentación teórica) y su articulación, se complementó a través de la relación de la Física con la Matemática a modo nodal (puntos en común) en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física.

## Desarrollo

La historia de la interdisciplinariedad está vinculada a los objetivos del hombre de estrechar la franja cada vez mayor que se ha generado entre la educación escolarizada y la práctica social como una de las consecuencias más visibles del desarrollo científico técnico alcanzado actualmente por la humanidad.

Carlos Marx planteó en 1844: “Las ciencias naturales llegarán a incluir a la ciencia del hombre, lo mismo que la ciencia del hombre incluirá a las ciencias naturales, habrá una sola ciencia.” (Marx, 1975, 533), este pensador llega a tan genial y previsor análisis porque su obra misma es vivo ejemplo de la integralidad científica, donde la interdisciplinariedad como expresión constitutiva de la relación e interconexión entre las partes (Filosofía, Economía Política, Socialismo Científico, Sociología, Psicología), aflora desde su surgimiento. Esta se erige en transdisciplinariedad a partir de la necesidad de nexos interdisciplinarios que tejen el todo en una doctrina integral con un marco teórico común y un único método de investigación: el dialéctico materialista, que al mismo tiempo sirve de metodología general de investigación de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento.

En el contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje, el concepto interdisciplinariedad abarca no sólo los nexos que se pueden establecer entre los sistemas de conocimientos de una disciplina y otra, sino también, aquellos vínculos que se pueden crear entre los modos de actuación, formas del pensar, cualidades, valores y puntos de vista que potencian las diferentes disciplinas.

Las disciplinas son subsistemas del Plan de estudio que garantizan la sistematización vertical de este. De acuerdo con el criterio de Álvarez Pérez (2004) constituyen configuraciones didácticas que responden a la naturaleza de la ciencia y a las mediciones de objetivos y contenidos que desde el programa de estudio se pueden presentar como una secuencia lógica de contenidos con códigos propios e intenciones bien definidas.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física intervienen diferentes disciplinas que se interrelacionan a partir de una disciplina rectora (Física), la cual ofrece los ejes integradores intra e interdisciplinarios con otras disciplinas del plan de estudio y favorece el cumplimiento del objeto de trabajo declarado en el modelo del profesional del ingeniero hidráulico.

Las relaciones interdisciplinarias en la formación pedagógica profesional de esta carrera no se conciben de forma aislada, tienen enfoque de sistema en relación con las demás disciplinas que salen a la misma vez y se ponen de manifiesto a través de un eje que las integra y hace posible las relaciones entre ellas.

El término interdisciplinariedad surge en 1937 y le atribuyen su invención al sociólogo Louis Wirth. Varios autores como Arantes Fazenda (1979) y Bermúdez Sarguera y Rodríguez Rebutillo (2022), han coincidido en que la interdisciplinariedad es un proceso que va más allá de una simple suma de contenidos de dos o más disciplinas, es una forma de reorganización epistemológica de las disciplinas científicas; sin embargo, Fiallo Rodríguez (2004) plantea que la interdisciplinariedad se considera un proceso y una filosofía de trabajo, una forma de pensar y de proceder para conocer la compleja realidad objetiva y resolver cualquiera de los complejos problemas que esta plantea, es además un acto de cultura y no una simple relación entre contenidos, donde su esencia radica en su carácter educativo, formativo y transformador, en la convicción y actitudes de los sujetos.

Hablar de interdisciplinariedad, es también, referirse a una estrategia pedagógica que genera una visión del mundo más globalizada, donde las diferentes disciplinas se articulan para dar solución a situaciones problemáticas; así las posiciones individuales o colectivas están formalizadas y direccionadas en torno a una formación científica como también el hecho de situarse en posiciones críticas respecto al contexto social y tecnológico que poseen.

Fiallo Rodríguez (2004). interpreta la interdisciplinariedad como una interrelación a la cual se llega de forma gradual desde las formas más sencillas de relación hasta lograr nexos (nodos cognitivos) entre las diferentes disciplinas.

Las relaciones interdisciplinarias en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la actualidad son abordadas por diferentes investigadores. La interdisciplinariedad se manifiesta desde las dimensiones cognitiva, procedimental y actitudinal (Chambula Chambula et al., 2022). De acuerdo con las posiciones de Carmona Mesa et al. (2019) la interdisciplinariedad es una relación entre dos o más disciplinas, que puede tener varios niveles de interacción, permite el intercambio recíproco y la comunicación amplia entre los campos del saber que la componen.

El enfoque interdisciplinario del tratamiento de los contenidos de la Física General para los fines de esta investigación considera el planteamiento y la solución de problemas de Física a través de sus conexiones con la Matemática y otras disciplinas del currículo. Lamarre y Hernández (2020) defienden la idea de que la solución de problemas permite el encuentro entre los conocimientos, las habilidades y los procedimientos de distintas disciplinas para plantear y resolver problemas reales internos a los contenidos de una de estas disciplinas.

Los nodos cognitivos interdisciplinarios constituyen procesos asociados a los conocimientos interdisciplinarios y que se desarrollaron a lo largo de la experiencia concreta del sujeto. Los nodos cognitivos interdisciplinarios se producen cuando las diferentes disciplinas generan puntos de contacto a partir de sus lógicas internas (Monsalves Patiño y Carvajal Zapata, 2020).

De acuerdo con Chambula Chambula et al. (2022), los nodos cognitivos interdisciplinarios tienen lugar en el proceso de enseñanza-aprendizaje cuando el alumno logra establecer conexiones entre las distintas disciplinas trascendiendo la lógica interna de cada una de ellas por separado y se generan comprensiones que las integran. Por otra parte, Álvarez Pérez (2004) y Fiallo Rodríguez (2004) defienden que los nodos cognitivos interdisciplinarios constituyen un punto de acumulación de conocimientos (conceptos, proposiciones, leyes, principios, teorías, modelos) en torno a un concepto o una habilidad determinada.

La determinación de los nodos cognitivos para la elaboración de un marco referencial es de

vital importancia en el propósito de establecer los nexos entre las disciplinas de la especialidad Matemática y Física. A partir de los nodos interdisciplinarios es posible seleccionar los contenidos de la Física con enfoque interdisciplinario.

El aprendizaje interdisciplinario es el resultado de la apropiación de los contenidos de Física por parte de los estudiantes y además de los nexos y relaciones esenciales de esta con los contenidos de otras ciencias, de ahí que se considera de gran importancia que ese aprendizaje se haga de manera consciente a través de la resolución de problemas, que permitan establecer el vínculo directo entre las asignaturas Física y Matemática. La solución de problemas contribuye al aprendizaje interdisciplinario porque brinda el método general que deben utilizar los estudiantes al enfrentarse a las distintas situaciones desconocidas a priori donde deben utilizar los métodos analítico-sintético, los métodos gráficos, experimentales, las analogías y algoritmos, que muchas veces son comunes a distintas disciplinas (Quintanel Pérez, 2023; Rodríguez Rodríguez et al., 2021).

Existe consenso en la comunidad científica de que la solución de problemas es un proceso donde se logra la comprensión de una situación problemática que inicialmente es desconocida a través de la utilización de diversas habilidades y destrezas de carácter cognitivo y metacognitivo (Rodríguez Rodríguez et al., 2021; Benítez Hernández et al., 2021; Rivero Pérez, 2020).

Consecuentemente con estas ideas, el enfoque interdisciplinar permite enfrentar situaciones problemáticas abiertas en el contexto de la realidad social del estudiante, esto requiere una integración de saberes desde una mirada global y holística para permitir una visión compleja de la naturaleza o sociedad y de los problemas profesionales que enfrenta el ingeniero hidráulico (Chambula Chambula et al., 2022).

Desde un análisis exhaustivo de los programas de las asignaturas Matemática I y II y Física I que se imparten en el primer año de la carrera de Ingeniería Hidráulica se determinó un conjunto de nodos cognitivos, los cuales se presentan como potencialidades de valor didáctico y metodológico para favorecer resultados superiores en el aprendizaje de los estudiantes.

El procedimiento metodológico planteado constituye una herramienta para el perfeccionamiento de la enseñanza-aprendizaje de la Física General desde un enfoque interdisciplinario a

partir de la delimitación de los nodos cognitivos interdisciplinarios de esta disciplina con la Matemática. La determinación de estos nodos permite diseñar sistemas de problemas que propicien la integración de los contenidos de la Física General y de la Matemática para la formación del ingeniero hidráulico.

El procedimiento metodológico diseñado contiene las operaciones que debe desarrollar el profesor para la determinación de los nodos cognitivos interdisciplinarios y la selección de los contenidos para el diseño de actividades docentes interdisciplinarias de Física General.

El procedimiento metodológico que se propone se estructura en las siguientes fases:

- I. Búsqueda y análisis de la documentación.
- II. Determinación de los nodos cognitivos interdisciplinarios.
- III. Selección de los contenidos interdisciplinarios para la disciplina Física General.
- IV. Elaboración de las actividades docentes interdisciplinarias.

#### FASE I. Búsqueda y análisis de la documentación

Durante esta etapa el profesor debe realizar un estudio minucioso de los documentos de carácter metodológico relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Matemática en la carrera Ingeniería Hidráulica (Plan de Estudio E, Programas de las Disciplinas Matemática Superior y Física, Programa de las asignaturas Física I, Matemática I y Matemática II, investigaciones relacionadas sobre el tema). El estudio de estas fuentes de información posibilita el enfoque de sistema entre las dos disciplinas, el cual se pone de manifiesto a través de un eje integrador que permite las relaciones entre ambas, esto permite el cumplimiento de los objetivos del modelo del profesional de la carrera. También en esta etapa se realiza una búsqueda de toda la bibliografía científica relacionada con estas ciencias. Una vez concluida, el profesor estará en condiciones de pasar a la siguiente.

#### FASE II. Determinación de los nodos cognitivos interdisciplinarios

Para determinar los elementos esenciales que le permitan delimitar los puntos de encuentro y las interacciones entre ambas disciplinas (nodos cognitivos interdisciplinarios) el profesor debe tener en cuenta que la interdisciplinariedad no es una simple suma de contenidos, ni una simple relación entre contenidos, sino una secuencia lógica de contenidos con intenciones bien



definidas, donde la resolución de problemas de Física se complementa mediante la relación con la Matemática a través de puntos en común (nodos interdisciplinarios) para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los nodos cognitivos interdisciplinarios de la Física General y de la Matemática se estructuran de acuerdo a las siguientes ideas rectoras:

- Las herramientas de la Matemática permiten comprender los hechos, conceptos, leyes, modelos y teorías de Física a partir de su expresión lógica y de la modelación matemática.
- La solución de problemas de Física utiliza las estructuras aritméticas, algebraicas, geométricas y del cálculo diferencial e integral que ofrece la Matemática y los métodos generalizados para resolver problemas.

A partir de estas ideas se determinan como nodos cognitivos interdisciplinarios el movimiento mecánico, las leyes de conservación y el movimiento ondulatorio.

### FASE III. Selección de los contenidos interdisciplinarios para la disciplina Física General

Teniendo en cuenta los nodos y los nexos interdisciplinarios, se procede a seleccionar los contenidos del Programa de Física I que permitan la relación con los contenidos de los Programas de Matemática I y Matemática II que se imparten en el primer año de la carrera Ingeniería Hidráulica, para la elaboración de los ejercicios y tareas relacionados con la resolución de problemas. En la tabla 1 se muestran los contenidos que se seleccionaron para los nodos cognitivos movimiento mecánico y leyes de conservación.

**Tabla 1**

*Nodos cognitivos interdisciplinarios de la Física General y la Matemática para la formación del Ingeniero Hidráulico.*

Nodo	Física I	Matemática I	Matemática II
Movimiento Mecánico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Magnitudes físicas (escalares y vectoriales), operaciones fundamentales, representación, propiedades y relaciones que se establecen entre las mismas. Aplicaciones. Movimiento mecánico. Tipos de movimiento mecánico. Relatividad del movimiento. Caída libre.</li><li>• Cantidad de movimiento y fuerza. Segunda ley de Newton. Fuerza de rozamiento, fuerza de gravedad, fuerza elástica y peso. Descomposición de fuerzas, (fuerza normal). Fuerza de gravitación universal:</li><li>• Aplicaciones de las leyes de Newton</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistema de Ecuaciones Lineales.</li><li>• Derivada en un punto. Interpretaciones geométricas y físicas de la derivada en un punto.</li><li>• Función derivada. Reglas de derivación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Derivadas de funciones reales de varias variables y de funciones vectoriales. Interpretación geométrica y física de la derivada. Función derivada. Reglas de derivación</li></ul>

Nodo	Física I	Matemática I	Matemática II
Leyes de Conservación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Energía, Trabajo Mecánico. Trabajo de Fuerzas Conservativas. Energía Cinética. Energía Potencial (gravitatoria, elástica). Energía Mecánica. Ley de Conservación de la energía mecánica. Potencia. Relación entre impulso y cantidad de movimiento. Ley de Conservación de la cantidad de movimiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Integral definida y su interpretación geométrica.</li><li>• Condiciones de integralidad. Métodos de integración.</li><li>• Aplicaciones de la integración a problemas de la geometría, la física y la ingeniería.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Curvas en el espacio. Curvas definidas por ecuaciones paramétricas. Tangente, área y longitud de arco de curvas definidas por ecuaciones paramétricas.</li></ul>

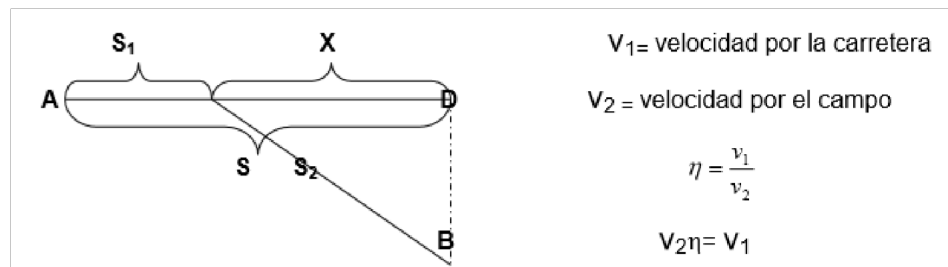
#### FASE IV. Elaboración de las actividades docentes interdisciplinarias

En las actividades docentes elaboradas por el profesor es donde se concreta el proceso de interdisciplinariedad concebido. En esta fase hay que tener en cuenta que una vez seleccionada la temática y el objetivo, se debe plantear un problema de tipo abierto, que cumpla con los requisitos para este tipo de clasificación (no se debe ofrecer toda la información requerida para resolverlo, la respuesta no puede ser directa ni unívoca, puede tener más de una solución); se deben seleccionar temáticas novedosas, partiendo de su evolución histórica, su utilidad en el mundo actual, es decir, enfocadas al contexto cotidiano de los estudiantes, despertar su curiosidad y cuestionamiento sobre cuándo, cómo y por qué surgió, se desarrolló e implementó determinado concepto (debe contener fechas o nombres de autores que contribuyeron o que obtuvieron los mayores logros respecto al tema de la situación problema).

Se debe orientar a los estudiantes hacia el análisis de los conceptos previos o nuevos respecto al tema que se trata, para que vayan adquiriendo una comprensión de los significados propios de estos, a la luz de los conocimientos físicos y su influencia en la sociedad pasada, actual y futura, estimulando la necesidad de realizar cálculos y hallar soluciones a nivel práctico.

Para el establecimiento de las relaciones del problema con el aspecto matemático se requiere que el estudiante represente la situación problémica en términos de un modelo matemático, donde se tenga en cuenta el lenguaje propio de esta ciencia, que se comprenda el significado de cada símbolo, letra o abreviatura que use fórmulas o algoritmos, que les sirvan de utilidad para llegar a comprender la propia situación problémica. De esta manera podrá trazar procesos algorítmicos (pasos a seguir), acotar la situación problémica e identificar qué variables y constantes emplea. Ejemplos de tareas docentes interdisciplinarias elaboradas se presentan a continuación:

**Ejercicio 1:** Desde el punto A en la carretera hay que llegar en un automóvil en el menor tiempo posible al punto B, dispuesto en el campo a una distancia  $l$  de la carretera (Figura 1). Se sabe que la velocidad del auto por el campo es  $\eta$  veces menor que por la carretera. ¿A qué distancia del punto D hay que abandonar la carretera?



**Figura 1**

*Representación gráfica de los datos del ejercicio 1*

X: Distancia del punto

Solución: Para conocer a qué distancia del punto D hay que abandonar la carretera, es necesario determinar para qué valor de  $x$  el tiempo será mínimo. El tiempo total mínimo es la suma del tiempo que demora en recorrer la distancia  $S_1$  más el tiempo que demora en recorrer la distancia  $S_2$ . Recordando fórmulas del contenido físico. Entonces modelando la situación:

elevando al cuadrado ambos miembros podemos obtener la distancia a la que se abandona la carretera

$$X = \frac{l}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

**Comentario:** Es un problema cuantitativo y complejo. Para darle solución se debe tener conocimiento de las ecuaciones de la cinemática, así como el dominio del cálculo diferencial, puede realizar su investigación en el libro “Física Universitaria”, de los autores Sears y Zemansky, Volumen 1, 13ª edición y en el libro “Cálculo, trascendentes tempranas” de James Stewart. Este problema pertenece al nodo 1 “Movimiento Mecánico”, Se recomienda utilizar en la temática donde se estudian los Tipos de movimiento mecánico preferiblemente en una clase práctica.

**Ejercicio 2:** Un cuerpo de masa igual a 200 g está sobre una superficie horizontal lisa en reposo. Se le aplica una fuerza  $F = 2\sqrt{3}N$ , formando un ángulo de  $60^\circ$  con la horizontal. Determine el trabajo realizado por la fuerza  $F$  al desplazar al cuerpo una distancia de 1 m.

Solución:

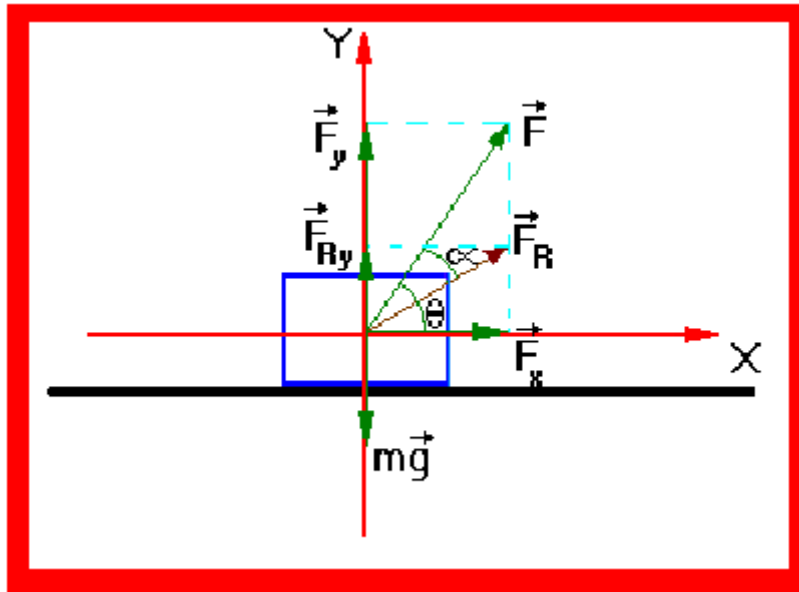
Datos y representación gráfica (ver figura 2)

$$F = 2\sqrt{3}N$$

$$\theta = 60^\circ; m = 20g$$

$s = 1m$  y la aceleración de la gravedad la tomamos como  $g = 10m/s^2$

$$W = ?$$

**Figura 2**

*Representación gráfica de los datos del ejercicio 2*

Se analiza inicialmente si la componente de la fuerza en el eje  $y$  es tal, que levante el cuerpo. Para eso se halla la fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo en cada eje.

$F_y = F \sin \theta$  y  $F_x = F \cos \theta$ , además de la fuerza de atracción gravitatoria  $F_g = mg$ .

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$F_y = 2\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3N ; F_x = 2\sqrt{3} \cdot \frac{1}{2} = \sqrt{3}N \text{ y } F_g = 0,2 \cdot 10 = 2N$$

Como se observa, la componente de la fuerza en el eje  $y$  es mayor que la fuerza de gravedad que actúa sobre el cuerpo, por tanto, la fuerza levanta al mismo. Entonces se determina la dirección en la que el cuerpo se mueve, es decir, el ángulo  $\alpha$  que forma la fuerza con el desplazamiento para poder aplicar la ecuación conocida para calcular el trabajo  $W = F \cos \alpha$ .

La fuerza resultante en el eje  $y$  es:  $F_y - mg = 3 - 2 = 1N$ , y como  $F_x = \sqrt{3}N$ . Por tanto, la fuerza resultante estará en una dirección que forma un ángulo  $\alpha$  con el desplazamiento tal, que:  $\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{F_y}{F_x} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{1}{\sqrt{3}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{\sqrt{3}}{3} \right) \Rightarrow \alpha = 30^\circ$

Por lo que el trabajo pedido será:  $W = F s \cos \alpha = 2\sqrt{3} \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 3N$ .

R/. El trabajo realizado por la fuerza cuando desplaza al cuerpo 1 m es  $W = 3N$ .

Comentario: Este es un problema en el que aparentemente lo que hay que hacer es aplicar directamente la ecuación para determinar el trabajo mecánico realizado por la fuerza  $W = Fs \cos \theta$ . Sin embargo, requiere de un análisis previo para que el estudiante se percate cuenta que la fuerza aplicada levanta al cuerpo y que este no se mueve sobre la superficie de la mesa, por lo que se necesita la determinación previa de la dirección en la cual se moverá dicho cuerpo, es decir, el ángulo que forma la fuerza con el desplazamiento, que no será el ángulo  $\theta$  dado, sino el que tuvo que determinar  $\alpha$ . Este problema pertenece al nodo cognitivo interdisciplinario leyes de conservación.

**Ejercicio 3:** Se lanza un cuerpo perpendicularmente hacia arriba con una rapidez de 20 m/s. Se conoce que 3s después el módulo de la velocidad del cuerpo es de 10 m/s. Determine la longitud de la trayectoria recorrida por el cuerpo en esos 3 s.

Solución:

Datos:

$$v_0 = 20m/s$$

$$v = 10m/s$$

$$t = 3s$$

$$g = 10m/s^2$$

$$s = ?$$

Se determina si a los 3s el cuerpo está subiendo o viene bajando. Para eso se determina el tiempo de subida ( $t_s$ ) hasta la altura máxima  $v = v_0 - gt_s \implies t_s = \frac{v_0}{g}$  pues  $v = 0$ , por lo que sustituyendo los valores se tiene que  $t_s = 2s$ . Por tanto, a los tres segundos que se dan en el enunciado, el cuerpo viene bajando. Por lo que la longitud de su trayectoria será, la que recorrió hasta la altura máxima ( $S_1$ ), más la que recorrió durante el segundo en que venía cayendo ( $S_2$ ).

Se definen estas dos longitudes de la trayectoria.  $v^2 = v_0^2 - 2gs_1 \implies s_1 = \frac{v_0^2}{2g} = 20m$  y  $s_2 = \frac{1}{2}gt_c^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 1 = 5m$ , donde  $t_c$  es el tiempo de caída (1 s, pues de los tres segundos de que nos hablan, 2 s está el cuerpo subiendo). De donde se tiene que la longitud total de

la trayectoria recorrida en esos tres segundos será:  $s = s_1 + s_2 = 25m$ , se tiene así que la respuesta pedida es que la longitud de la trayectoria recorrida por el cuerpo en esos 3 s es de 25 m.

Comentario: Este problema sirve, además, para mostrar la necesidad del dominio de la teoría, pues los alumnos, casi en su inmensa mayoría, aplican directamente la ecuación

$v^2 = v_0^2 - 2gs \implies s = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \frac{400 - 100}{20} = 15$  es decir, que tal parece que la longitud de la trayectoria recorrida por el cuerpo es de 15 metros. Sin embargo, los que así actúan, lo que hallan es la posición que tiene el cuerpo con respecto al origen de coordenadas a los tres segundos de haberse iniciado su movimiento. Nótese que efectivamente el cuerpo alcanza una altura máxima de 20 m y después cae, recorriendo 5 m hacia abajo, por tanto, estará efectivamente a 15 m del origen. Pero esto no es lo que se pedía, sino la longitud de la trayectoria recorrida.

Cuando los alumnos actúan de esta última forma expuesta, manifiestan no conocer las limitaciones de las ecuaciones de la Cinemática en el sentido de que ellas no dan distancia recorrida, sino posición o coordenada del cuerpo en el instante deseado. La falta de análisis previo y el pobre dominio de la teoría los lleva a aplicar mecánicamente ecuaciones.

Las fases del procedimiento metodológico diseñado se implementaron en la disciplina Física I del primer año de la carrera Ingeniería Hidráulica en la Universidad de Ciego de Ávila con una muestra intencional de 10 estudiantes. Se estableció como variable cualitativa el nivel de aprendizaje de los conocimientos y habilidades de la Física General, que se evalúan mediante una prueba pedagógica que se aplica antes y después de la intervención de acuerdo a las exigencias de un pre-experimento pedagógico.

En la prueba pedagógica se evaluaron los conocimientos básicos vinculados al movimiento mecánico y las leyes de conservación y su aplicación a la solución de problemas y ejercicios en los que el estudiante debe utilizar los conocimientos de la Matemática.

Los resultados del nivel de aprendizaje de los estudiantes se cuantifican en una escala ordinal de 4 valores (2, 3, 4 y 5). Se considera que el nivel de aprendizaje es alto cuando el estudiante alcanza 4 o 5 valores, medio cuando alcanza 3 valores y bajo cuando alcanza 2 valores. En la



tabla 2 se muestra el resultado de los niveles de aprendizaje de los estudiantes antes y después de la intervención.

**Tabla 2**

*Resultados del nivel de aprendizaje de los estudiantes de la muestra antes y después de la intervención.*

Valor cuantitativo	Cantidad de estudiantes en cada valor antes de la intervención	Cantidad de estudiantes en cada valor después de la intervención
Alto (4-5)	1	8
Medio (3)	4	2
Bajo (2)	5	0

El análisis de los resultados de la intervención en la práctica demostró que los resultados del nivel de aprendizaje de los contenidos de Física General son superiores en la etapa final del pre-experimento. Este hecho permite inferir que el procedimiento metodológico diseñado puede constituir una vía efectiva para establecer las relaciones interdisciplinarias entre los contenidos de Física General y Matemática en la carrera de Ingeniería Hidráulica.

## Conclusiones

El enfoque interdisciplinario del tratamiento de los contenidos de la Física General permite elaborar procedimientos para diseñar actividades docentes interdisciplinarias basadas en el planteamiento y la solución de problemas de Física a través de sus conexiones con la Matemática y otras disciplinas del currículo. La solución de problemas permite el encuentro entre los conocimientos, las habilidades y los procedimientos de distintas disciplinas para plantear y resolver problemas reales internos a los contenidos de una de estas disciplinas.

La determinación de los nodos cognitivos interdisciplinarios permite la elaboración de un marco referencial para establecer los nexos entre las disciplinas de la especialidad Matemática y Física y seleccionar los contenidos interdisciplinarios para diseñar problemas y ejercicios de Física General para la formación de Ingenieros Hidráulicos.

A partir de los referentes teóricos y metodológicos relacionados con el enfoque interdisciplinario

es posible proponer un procedimiento metodológico basado en la determinación de los nodos interdisciplinarios del contenido de los Programas de las asignaturas Física I, Matemática I y Matemática II en la carrera Ingeniería Hidráulica. A través del procedimiento metodológico que se propone es posible diseñar actividades interdisciplinarias a partir de problemas y ejercicios de Física.

El procedimiento metodológico para establecer las relaciones interdisciplinarias de la Física y la Matemática para la formación de Ingenieros Hidráulicos contribuyó al perfeccionamiento de la preparación de los docentes que imparten esta asignatura y su implementación en la práctica demostró resultados superiores en los niveles de aprendizaje de los conocimientos y habilidades de la Física General alcanzado por los estudiantes.

### Referencias bibliográficas

- Álvarez Pérez, M. (2004). *Interdisciplinariedad: Una aproximación desde la enseñanza – aprendizaje de las ciencias*. Pueblo y Educación.
- Arantes Fazenda, I. (1979). *La integración y la interdisciplinariedad en la educación brasileña: ¿eficacia o ideología?*. Pueblo y Educación.
- Benítez Hernández, I., Rojas Ángel Bello, R. T y Rodríguez Rodríguez, L. E. (2021). Metodología para desarrollar la habilidad formular problemas de Física en el Técnico Medio en Informática. *Opuntia Brava*, 13 (2), 158-173. <https://www.researchgate.net/351973122>
- Bermúdez Sarguera, R., y Rodríguez Rebastillo, M. (2022). Estructura sistémica de las ciencias: una propuesta metodológica urgida. *Revista Mapa*, 1(26), 1-19.
- Carmona Mesa, J., Salazar Arias, J. y Villa Jhony, A. (2019). *Formación inicial de profesores basado en proyectos para el diseño de lecciones STEAM*. In E. Serna (Ed.). *Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI*. (2 Edición). Vol. 1, 483- 492. Colombia. <http://repositorio.udea.edu.co/bitstream/10495/15590/1/>
- Chambula Chambula, C., Rodríguez Rodríguez, L. E. y Amandio Sachilepa, O. (2022). La selección de los contenidos interdisciplinarios medioambientales de disciplina Biología de la Enseñanza Secundaria en la República de Angola. *Revista Sapientiae*. 8(1). 152-168. <http://publicacoes.uor.ed.ao/index.php/sapientiae/>

- Díaz Lozada, J. A. y Ortega Breto, J. (2022). La resolución de problemas de Física y el pensamiento matemático en la formación de ingenieros. *Revista Referencia Pedagógica*. 10 (3). 23-41.
- Fiallo Rodríguez, J. (2004). *La interdisciplinariedad: un concepto “muy conocido”*. *Interdisciplinariedad. Una aproximación desde la enseñanza – aprendizaje de las ciencias*. Pueblo y Educación.
- Quintanel Pérez, F. (2023). Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 20(2), 22-101. [https://doi.org/10.25267/2023/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc](https://doi.org/10.25267/2023/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc)
- Lamarre, Virginia y Hernández, Sandra Analia (2020). Cultivando Física y Matemática: Ciencias exactas y naturales aplicadas al desarrollo de una huerta agroecológica y comunitaria. *Revista Enseñanza de la Física*. 32(2), 69-77. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/31189>
- Marx, C. (1975). *El Capital, Obras Completas*, Tomo II. Editorial Mir. Moscú.
- Molina Rodríguez, M., Rodríguez Rodríguez, L. E. y Rojas Ángel Bello, R. T. (2022). Proceder metodológico para el diseño, ejecución y control de tareas docentes integradoras en Física General. *Revista Educación y Sociedad*. Vol. 20, No. 2, mayo-agosto de 2022. 65-82. <https://revistas.unica.cu/index.php/edusoc/download/1701/3783/12251>
- Monsalves Patiño, O. y Carvajal Zapata, J. D. (2020). *Nodos cognitivos interdisciplinarios que favorecen integrar las matemáticas y las ciencias sociales a través de problemas matemáticos contextuales* [Tesis de Grado Licenciado en Matemáticas, Universidad de Antioquia, Colombia].
- Pérez Ponce de León, N. P., Rivero Pérez, H., Ramos Bañobre, J. M., Sifredo Barrios, C. y Moltó Gil, E. (2018). *Didáctica de la Física I*. Editorial Félix Varela.
- Ramos Bañobre, J. M. y Rodríguez Rodríguez, L. E. (2018). *Dinámica interna del contenido del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física*. (Artículo Inédito).



Riveros Pérez, H. G. (2020). La enseñanza de la Física experimental. *Physics Education*, 14(4), 1-6. <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=Phys.+Educ.%2C+14%284%29>

Rodríguez Rodríguez, L. E., Pérez Hernández. Y. y Pérez Ponce de León, N. (2021). La habilidad para formular problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la solución de problemas de Física y de Matemática. *Revista Luz*, 1 (2). 40-54. <https://luz.uho.edu.cu/>