



CONSTRUYENDO PYTHON NOTEBOOKS EN EL CURSO DE OSCILACIONES PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA.

BUILDING PYTHON NOTEBOOKS IN THE OSCILLATIONS COURSE FOR PHYSICS TEACHER EDUCATION.

CONSTRUÇÃO DE CADERNOS PYTHON NO CURSO DE OSCILAÇÕES PARA O TREINAMENTO DE PROFESSORES DE FÍSICA.

Juan David Hernández Flórez 1*^{ID}, Carlos Andrés Gómez Vasco 2**^{ID}

Hernández, J. D., Gómez, C. A. (2023). Construyendo Python notebooks en el curso de oscilaciones para la formación de profesores de física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12

Resumen

A través del tiempo los planes de estudio de licenciaturas de física en el país han llevado componentes curriculares de las TIC, y cada vez son más los créditos académicos dentro de los planes de estudio. Estos espacios tienen características preponderantes al desarrollo de habilidades de programación. Sin embargo, aún es un poco difuso la manera como estas habilidades se transversalizan en las demás componentes del currículo. En este trabajo se presenta una propuesta de diseño transversal de un curso de oscilaciones haciendo uso de las habilidades de programación adquiridas con anterioridad por los estudiantes de la Licenciatura en Física de la Universidad Distrital. Se hace uso del lenguaje de programación Python y la herramienta de construcción de notebooks Google Colab. Dentro de la propuesta se plantea a estudiantes del curso de vibraciones y ondas el desarrollo de algunos notebooks para estudiar aspectos conceptuales de las oscilaciones mecánicas. Luego se compara la herramienta con los recursos bibliográficos tradicionalmente usados por estudiantes y profesores que se enfrentan a este curso. Se hace especial énfasis en el análisis gráfico para potencializar el proceso de aprendizaje de las temáticas. Estos desarrollos facilitan a los estudiantes modificar parámetros de diversas variables y observar los cambios para entender la temática estudiada en cada caso. Por último, se evalúa la propuesta desarrollada e implementada en una pequeña muestra de los estudiantes participantes del curso, concluyendo que las herramientas desarrolladas entregan un valor agregado a la comprensión en el estudio de estos fenómenos asociados al curso, debido en gran parte a las diferentes modificaciones en las variables que puede realizar quien usa el recurso.

Palabras-Clave: Algoritmo, aprendizaje visual, gráficas, aplicación informática.

* Estudiante de licenciatura en física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, Correo electrónico: jdhernandezf@udsitrital.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4981-6559>

** Magíster en Física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Universidad Antonio Nariño, Colombia, Correo electrónico: cagomezv@udistrital.edu.co, carlosgomez@uan.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1473-0568>

Abstract

Over time, the curricula of physics degrees in the country have included ICT curricular components, and there are more and more academic credits within the curricula. These spaces have preponderant characteristics to the development of programming skills. However, it is still a little unclear how these skills are mainstreamed into the other components of the curriculum. This paper presents a proposal for a transversal design of a course on oscillations using the programming skills previously acquired by the students of the Physics Degree of the Universidad Distrital. Use is made of the Python programming language and the notebook construction tool Google Colab. Within the proposal, students of the vibrations and waves course are asked to develop some notebooks to study conceptual aspects of mechanical oscillations. Then the tool is compared with the bibliographic resources traditionally used by students and teachers who face this course. Special emphasis is made on the graphical analysis to enhance the learning process of the topics. These developments allow students to modify parameters of several variables and observe the changes to understand the thematic studied in each case. Finally, the proposal developed and implemented in a small sample of students participating in the course is evaluated, concluding that the tools developed provide an added value to the understanding in the study of these phenomena associated with the course, largely due to the different modifications that can be made by those who use the resource.

Keywords: Algorithm, visual learning, graphics, computer application.

Resumo

Ao longo do tempo, os currículos de graduação em física no país têm sido dotados de componentes curriculares TIC, e cada vez mais créditos acadêmicos dentro dos currículos. Estes espaços têm um foco preponderante no desenvolvimento das habilidades de programação. No entanto, ainda não está claro como essas habilidades estão integradas nos outros componentes do currículo. Este trabalho apresenta uma proposta de projeto transversal de um curso sobre oscilações, fazendo uso das habilidades de programação previamente adquiridas pelos alunos do Bacharelado em Física da Universidade Distrital. É utilizada a linguagem de programação Python e a ferramenta de construção de cadernos do Google Colab. Como parte da proposta, os alunos do curso de vibrações e ondas são solicitados a desenvolver alguns cadernos para estudar aspectos conceituais das oscilações mecânicas. A ferramenta é então comparada com os recursos bibliográficos tradicionalmente utilizados por estudantes e professores que se deparam com este curso. Ênfase especial é colocada na análise gráfica para melhorar o processo de aprendizagem. Estes desenvolvimentos facilitam a modificação dos parâmetros de várias variáveis e a observação das mudanças para compreender o assunto estudado em cada caso. Finalmente, a proposta desenvolvida e implementada em uma pequena amostra de alunos participantes do curso é avaliada, concluindo-se que as ferramentas desenvolvidas fornecem valor agregado ao entendimento no estudo destes fenômenos associados ao curso, em grande parte devido às diferentes modificações que podem ser feitas por aqueles que utilizam o recurso.

Palavras-Chave: Algoritmo, Aprendizagem visual, gráficos, aplicação informática.

1. Introducción

La OCDE, en temas educativos, genera incidencia por la calidad de la educación, continuamente fomenta entornos educativos innovadores y efectivos siempre buscando escenarios que aporten resultados de alto impacto sobre los discentes. Y, no es necesario un análisis de un experto ni una mirada en profundidad para saber que los entornos más innovadores están sustentados desde las TIC como recursos metodológicos que favorezcan la integración del currículo como parte de una formación integral para los profesionales competitivos en el mundo actual. La efectividad en el proceso de aprendizaje es más relevante cuando se integran estas al currículo.

En el contexto educativo a nivel global, son muy pocas las instituciones educativas que involucran habitualmente las TIC en el sistema educativo. Hasta en los sistemas educativos más desarrollados del mundo el uso de computadores y dispositivos móviles inteligentes se limita al docente de informática o como herramienta para el desarrollo de trabajos y tareas asignadas.

Estudios de la OCDE demuestran que los entornos educativos más innovadores y con mejores resultados de aprendizaje son aquellos que, además de un sistema pedagógico innovador, integran las TIC en su desarrollo diario. Dejando múltiples beneficios de su uso, como la democratización del conocimiento, la posibilidad de acercarse a otra cultura, un aumento en las posibilidades de comunicación para los docentes y la personalización y adaptabilidad a las diversas necesidades de la enseñanza (OCDE, 2020).

La formación de profesores de física no es ajena a estas necesidades, incluso en las reformas curriculares de los diferentes procesos de acreditación muestran un aumento en la cantidad de créditos académicos que hoy estos programas tienen en sus planes de estudio. Aunque de forma difusa, está la integración de estas habilidades al

currículo como parte de la formación integral del profesor de física.

En este trabajo se hace una revisión conceptual de la importancia de la implementación de las TIC en el currículos de formación de profesores de física y su implementación de manera transversal en un curso disciplinar de la física, motivando a un grupo de estudiantes a vincular los conocimientos aprendidos en espacios de programación al aprendizaje de temáticas concretas de la disciplina de formación y llevando inmerso un mensaje de innovación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como el plus que pueda generar la preocupación por desglosar, entender conceptualmente a profundidad y con rigurosidad la ciencia que se enseña.

En una segunda sección se ilustra la metodología de trabajo establecida en el aula. Luego se muestran los resultados conseguidos para los cuatro experimentos didácticos planteados al grupo de profesores de física en formación. Y finalmente se encuentra un análisis reflexivo de las bondades conceptuales y didácticas que esta experiencia deja para el proceso de formación.

2. Marco de Referencia.

La formación de profesores de física en Colombia está fuertemente marcada por las vertientes actuales de la incorporación de las TIC en los currículos y planes de estudio de estos pregrados universitarios, históricamente los espacios académicos para el desarrollo de habilidades TIC han estado presentes desde la década de los 90 (e incluso antes) del siglo pasado y progresivamente han incrementado gradualmente el porcentaje de estos espacios en los planes de estudio, un aporte importante a esta vertiente de la formación de profesores de física está asociado con cursos completos para formarse en habilidades de programación, habilidades que en tiempos actuales de pandemia y futuro post - pandémico son requeridos en los diferentes campos laborales, académicos y de investigación. En la figura 1 se observa una distribución de los créditos

académicos actuales en los planes de estudio de cuatro universidades a nivel nacional que ofrecen programas de formación de profesores de física.

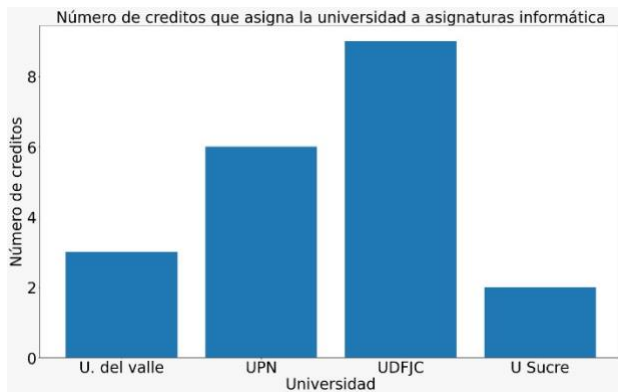


Figura 1. Distribución de créditos en algunas universidades del país. **Fuente:** Los Autores.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC), desde su plan de estudios del año de 1998 contaba con una asignatura enfocada en desarrollar habilidades de programación, mientras en la reforma del año 2009 se aumenta a dos espacios académicos con el propósito de mejorar la formación en estas las habilidades, que bajo el nuevo esquema de créditos académicos se establecieron en cuatro (4). La reforma al plan de estudios aprobada en el último proceso de acreditación del programa dejó para el año 2019 nueve (9) créditos distribuidos en cuatro espacios académicos que obedecen a aproximadamente al 5.6% del total del plan de estudios (Universidad Distrital Francisco José de Caldas [UDFJC], 2017). En la figura 2 se observa el aumento gradual de la cantidad de créditos de las diferentes renovaciones de registro calificado a lo largo del tiempo.

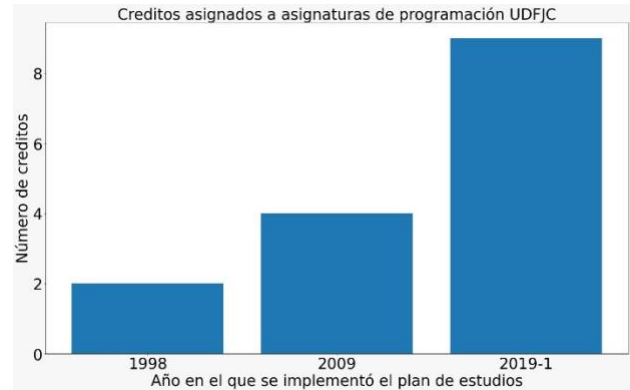


Figura 2. Aumento de créditos en asignaturas de programación en la UDFJC. **Fuente:** Los Autores.

Este aumento en la intensidad de formación para habilidades de programación y manejo de herramientas TIC está acorde con diferentes líneas de pensamiento, como la que afirma que los estudiantes necesitan considerablemente más herramientas computacionales que sus antecesores, si quieren diferenciarse de sus competidores en cualquier profesión (Yasar et al., 2006).

El crecimiento y desarrollo tecnológico ha incrementado en la última década el poder computacional de una manera exponencial, entre el 2010 y 2020 se han desarrollado tecnologías supremamente vanguardistas; inteligencia artificial, la nube, el Open Source, Seguridad, 4G, Internet of Things, Big Data y Analytics. (Holloway, 2020). Todo ello llevando a que la academia y la industria desarrolle de manera óptima la educación en física computacional buscando la integración de la informática con la física, siempre con el fin de obtener mejores resultados en el aprendizaje y contrastando con la forma tradicional de enseñanza (Yasar y Landau, 2003).

Los estudiantes que hoy llegan al aula de física son individuos de la llamada generación Z, conocidos por que son 100% nativos digitales. Suelen ser creativos, autodidactas, multipantallas y multitareas. Lo que lleva a la educación tradicional a ser poco llamativa para cumplir con las necesidades y expectativas que las nuevas generaciones le demandan, existe hoy un reto en el modelo educativo donde el 47% pasa más de tres

horas diarias en una plataforma de video, el 59% prefiere utilizar YouTube para aprender y tan solo el 39% prefiere que la instrucción sea dirigida por un docente (Quinteros, C., & Migone, 2020).

2.1. La necesidad de una nueva enseñanza de la física para los nativos digitales.

El docente de la actualidad forma parte de otras generaciones que aún se encuentra en un proceso de adaptación, se puede considerar que poseen un rezago tecnológico con respecto a sus discentes. Cae frecuentemente en el error de sus propias pretensiones, enseñando como aprendió y desconociendo las necesidades actuales de enseñanza, específicamente las de enseñar física. (Zayas y Ávila, 2018).

Si bien, el aumento de créditos en habilidades TIC dentro de los planes de estudio de las licenciaturas en física en el país obedecen a múltiples factores, que pueden estar vinculados con la identidad de los programas, atendiendo a las líneas de investigación de sus grupos de investigación y como respuesta a políticas públicas educativas que así lo exigen. La transversalidad de estas habilidades en el currículo no se evidencia de manera concreta en los demás espacios académicos y terminan dejando una sensación en los estudiantes de ser actividades de relleno que poco o nada complementan su formación como profesores de física, en una encuesta realizada a estudiantes de la Licenciatura en física de la Universidad Distrital que ya han completado algunos espacios académicos de la formación en habilidades de programación. El 100% considera que estas habilidades deberían ser usadas con más frecuencia en otros cursos de formación disciplinar en física y matemáticas. Adicionalmente, valoran que la formación recibida en estos espacios es útil porque; 1. Facilita procesos en el análisis de prácticas de laboratorios. 2. Serán útiles en el futuro ejercicio profesional de labor docente. 3. Se puede usar en la enseñanza de la física. Y 4. Consideran que es muy poco lo que contribuyen en procesos de aprendizaje de asignaturas disciplinares.

Estos resultados de las percepciones de los estudiantes muestran con claridad que las herramientas de programación adquiridas en los cursos poco o nada se implementan en el ejercicio inmediato de formación como profesores de física, más allá de ser una herramienta para el análisis y presentación de informes de laboratorio, los profesores en formación no consideran que estas habilidades les permitan acercarse a la comprensión y aprendizaje del área disciplinar de la física.

3. Métodos y procedimientos.

En diferentes momentos de un curso de vibraciones y ondas en medio de los semestres más agudos de la pandemia por SARS-CoV-2 se planteó el desarrollo de cuatro Notebooks en Python usando la herramienta de Google Colab a los estudiantes del curso, se eligió esta herramienta dado que la cuenta de correo institucional de la Universidad Distrital FJC está con los servicios de Google Workspace y no se requiere de ninguna instalación local para su adecuado funcionamiento, todo se realiza mediante un navegador Web e incluso la memoria RAM y el Disco Duro necesarios para la ejecución de las sentencias es proporcionado desde la Nube, ello facilita que los únicos requerimientos de máquina sean tener un dispositivo con una mediana conexión a internet.

Las gráficas aquí presentadas son el resultado proporcionado por uno de los estudiantes del curso, mostrando aquí el producto conseguido después de solicitar a los estudiantes; usando notebooks de Google Colab, realicen soluciones a las siguientes problemáticas planteadas.

3.1. Solución completa de un péndulo.

En esta primera actividad se solicita que se presente de manera teórica el desarrollo analítico del péndulo como ejemplo de un oscilador armónico, haciendo uso de la aproximación de pequeñas oscilaciones que generalmente suele enseñarse en las primeras temáticas del curso; debe hacer uso de la librería numpy para funciones matemáticas, construyendo una solución numérica de la ecuación 1.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega_0 \sin(\theta) = 0 \quad (1)$$

Por último, se debe elaborar una gráfica que ilustra la diferencia existente entre la solución analítica y numérica para este sistema, resaltando la importancia que pueda tener el ángulo inicial en que el péndulo es liberado.

3.2. Una revisión detallada a las oscilaciones amortiguadas: ¿Es realmente exponencial el decaimiento de su energía?

Esta actividad se subdividió en dos secciones, en la primera se solicita una muestra de cada caso de las oscilaciones amortiguadas, haciendo énfasis en las soluciones analíticas encontradas para la relación entre la frecuencia de amortiguamiento y la frecuencia natural del sistema ($\omega_0 = \gamma$, $\omega_0 < \gamma$, $\omega_0 > \gamma$). Se debe ilustrar una gráfica con los casos poco estudiados en la literatura de sobre-amortiguado y críticamente amortiguado.

En una segunda sección del notebook se debe conseguir un detallado comportamiento de la energía en el caso subamortiguado, resaltando la no generalidad sobre el decaimiento exponencial en la energía total del sistema de manera indiscriminada.

3.3. Oscilaciones perpendiculares Figuras de Lissajous.

En esta actividad se debe poder construir cualquier figura de Lissajous solo cambiando la fase, y la frecuencia natural de oscilación, explicando detalladamente cómo funciona el algoritmo para realizar estas figuras de manera correcta.

3.4. Oscilaciones forzadas con amortiguamiento.

En la última actividad se debe construir un arreglo de cuatro gráficas que permitan generar una interacción en tiempo real sobre las variables físicas; 1) amplitud, 2) diferencia de fase, 3) potencia en función de la frecuencia de forzamiento y 4) posición, potencia y fuerza de forzamiento en función del tiempo. Todas ellas deben controlarse desde dos barras deslizantes

para la frecuencia de forzamiento y la frecuencia de amortiguamiento.

3.5. Encuesta de percepción.

Como elemento de validación didáctica se realiza una encuesta con fines de evaluar la percepción que tuvieron los estudiantes frente a los ejercicios didácticos planteados. Se realizan en su mayoría preguntas cerradas y una última abierta, para conocer los comentarios de los estudiantes sobre si estas actividades contribuyeron a solventar dudas en su proceso de aprendizaje. Las preguntas realizadas fueron:

- *¿Considera que las gráficas realizadas Python en el curso de vibraciones y ondas contribuyeron en su proceso de aprendizaje?*
- *En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan difícil fue realizar los códigos propuestos por el docente? (1. Muy difícil. 2. Difícil. 3. Ni difícil ni fácil. 4. Fácil. 5. Muy Fácil.)*
- *¿Considera que el uso de este tipo de herramientas debería ser aplicadas con más frecuencia en sus otros cursos de física y/o matemáticas?*

6. Resultados

4.1. Resultados e interpretaciones para el péndulo.

Un par de libros tradicionales para el estudio de las vibraciones mecánicas son: Vibraciones y Ondas de Anthony Philip French. Y Ondas (Berkeley Physics Course) de Jr. Crawford. En ambos textos se hace hincapié en oscilaciones sinusoidales, detallando conceptualmente que estas se consiguen cuando se realizan desplazamientos suficientemente pequeños de la coordenada generalizada del sistema, para el caso del péndulo es el ángulo.

En el primer acercamiento del modelo propuesto por estos textos la fuerza restauradora termina siendo una ecuación de movimiento no lineal (ver ecuación 1, incluso al tratar el problema del péndulo, el French presenta la ecuación no lineal como una aproximación a la ecuación diferencial lineal, por otra parte el curso del Berkeley, inicia

advirtiendo que para oscilaciones grandes en el péndulo la ecuación armónica es “una aproximación pobre de la ecuación de movimiento” (ver ecuación 2 - Crawford, 1912, p. 3), posteriormente al tratamiento de este sistema, se realiza una explicación a groso modo sobre la aproximación a través de la serie de Taylor. En ambos textos es notoria la limitación que estos tienen al llegar escuetamente a la solución armónica, se observa que para ambos autores no es importante establecer una explicación detallada de lo que puede pasar cuando el oscilador no sigue esta aproximación, si bien, lo que importa en este momento pedagógico es resaltar lo que sucede con las oscilaciones pequeñas.

$$F(x) = -(k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + \dots) \quad (2)$$

Para la formación de profesores de física consideramos importante resaltar el caso general de la ecuación 2. El péndulo simple es uno de los sistemas físicos que se pueden encontrar en diferentes textos de oscilaciones, para el caso en cuestión que compete a este trabajo, el péndulo simple requiere una explicación detallada desde el cómo se construye la ecuación canónica del oscilador armónico, pero también el considerar la solución en la ecuación no lineal. El hecho que el profesor de física en formación pueda contrastar las consecuencias que llevan a el péndulo a ser un oscilador no lineal, podría ampliar el panorama para una interpretación de futuros resultados en algún experimento. Para esta explicación se construye un código en Python que grafique los resultados de la consideración armónica y la ecuación no lineal, como se ve en las figuras 3a y 3b, donde se dibuja ambas soluciones en una sola gráfica facilitando realizar comparaciones más precisas. En la simulación construida se puede variar el ángulo, permitiendo ilustrar cómo crece la diferencia entre la oscilación real y la aproximación lineal, así dimensionar desde un principio del curso las limitaciones de describir sistemas oscilantes con una ecuación diferencial lineal.

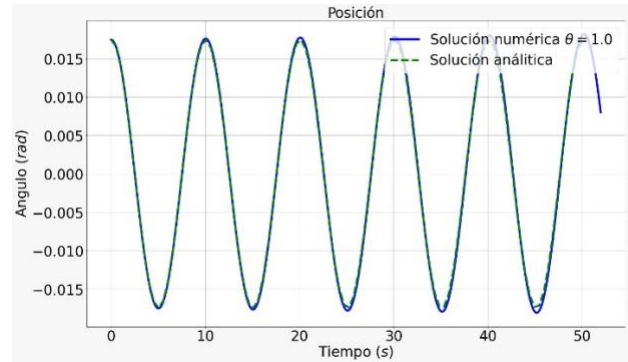


Figura 3a.

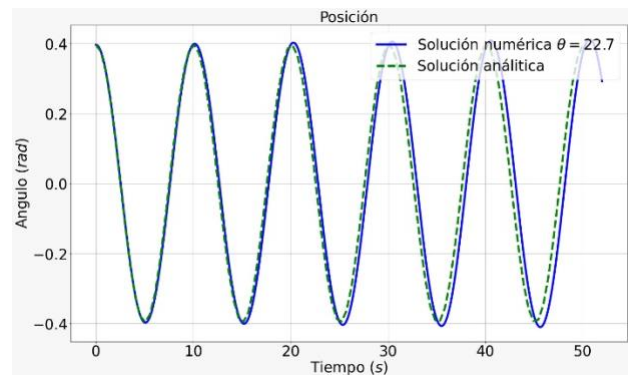


Figura 3b.

Figura 3. Péndulo simple. Fuente: Los Autores

4.2. Tratamiento de las oscilaciones amortiguadas.

Las oscilaciones de los sistemas reales no pueden describir un movimiento sinusoidal perfecto dadas las diferentes variables que afectan el entorno del sistema, es por esto que se modelan las oscilaciones amortiguadas. Estas oscilaciones describen el movimiento de un oscilador en sistemas viscosos, o al que se le genera una fuerza directamente proporcional a la primera potencia de la velocidad del sistema, que lleva a un modelamiento matemático bastante interesante; describiendo el mismo sistema en tres posibles respuestas (ver figura 4). De estas posibles respuestas en el tratamiento que describe el texto del Berkeley se aprecian solamente una, la correspondiente a oscilaciones subamortiguadas. En lo que respecta al French este realiza diferentes gráficas del mismo resultado subamortiguado semejantes a la función correspondiente en la figura 4, y para las otras dos situaciones conocidas como sobreamortiguado y críticamente

amortiguado dedica un escueto texto donde presenta un desarrollo rápido de las consideraciones a tener en cuenta para solucionar las ecuaciones, pero sin un análisis más detallado, ni un estudio gráfico como el conseguido en el código Python solicitado de la figura 4 donde se puede realizar una comparación detallada sobre las 3 posibles respuestas del oscilador que se consideran en la soluciones de la ecuación diferencial de movimiento. Nuevamente se observa que los textos tradicionales usados como referentes para llevar a cabo estos cursos centran su interés en un caso particular, consideramos que la no explicación de los casos sobre amortiguado y críticamente amortiguado en este par de autores no se considera sencillamente porque en dichos casos realmente no existen las oscilaciones y el interés primario de estos cursos es estudiarlas. Sin embargo, para el futuro profesor de física es de sumo interés comprender que sucede en estos dos casos y por qué; rápidamente los autores alejan la lupa y su atención de este par de posibilidades dentro de los discursos científicos construidos.

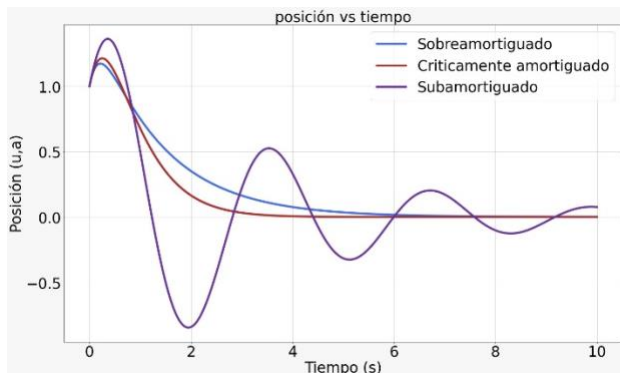


Figura 4. Oscilaciones amortiguadas. **Fuente:** Los Autores.

En cuanto a la segunda solicitud, el estudio de la energía, el French realiza un análisis a la función de la energía del sistema, mostrando una gráfica semejante a la de la figura 6 explicando que es el resultado de la gráfica se consigue de considerar $\gamma \ll \omega_0$, pero con esto nace la pregunta ¿y qué pasa cuando la condición no se cumple?, es decir que solo $\gamma < \omega_0$, pues al realizar el respectivo procedimiento matemático para la energía del sistema y graficando las ecuaciones respectivas

para la energía cinética, energía potencial y energía total del sistema se obtienen las gráficas de la figura 5 y se nota que la energía total del sistema no es la exponencial decreciente de la figura 6, precisamente la exponencial pura decreciente sucede cuando en el código construido la relación entre γ y ω_0 se encuentra en un orden aproximado de 10^{-3} , permitiendo entender con más detalle los resultados del modelo.

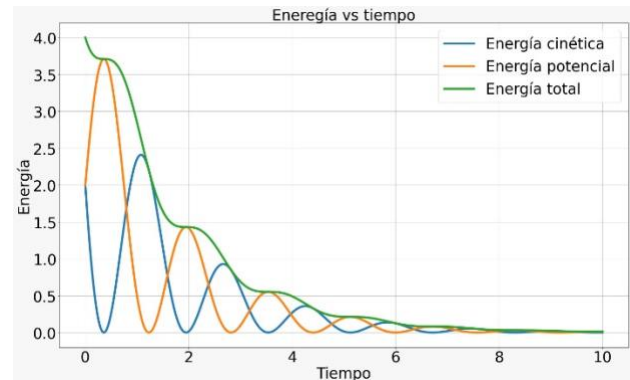


Figura 5. Energías de un oscilador subamortiguado. **Fuente:** Los Autores.

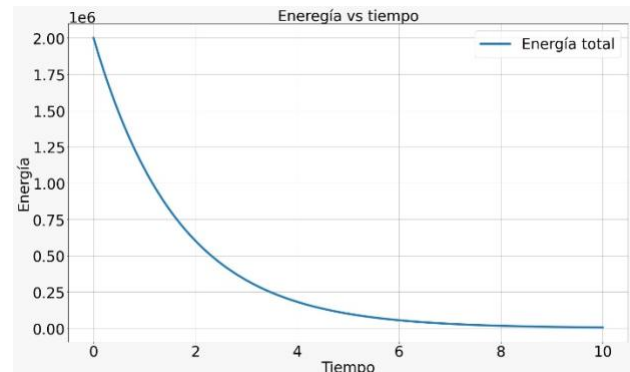


Figura 6. Energía total de un oscilador subamortiguado cuando $\gamma \ll \omega_0$. **Fuente:** Los Autores.

4.3. Consiguiendo y entendiendo las figuras de Lissajous.

Las oscilaciones perpendiculares y figuras de Lissajous son una de las temáticas que debido a la complejidad que conlleva construir las generan explicaciones magistrales tediosas. El curso del Berkeley no aparta una sección para ellas, a diferencia del French que cuenta con todo un capítulo dedicado a la superposición de oscilaciones perpendiculares, y explica la forma en

que se pueden construir estas figuras, invirtiendo un detallado tratamiento de varias páginas para esto. Sin embargo, el cómo se construyen cada una de estas gráficas se convierte en una tarea agobiante, ahora con ayuda de Notebook construido, y entendiendo la teoría detrás de estas el profesor en formación terminó dibujando todas en cuestión de unas cuantas líneas de código, facilitando así realizar las figuras correspondientes a las diferentes frecuencias naturales de oscilación y su desfase, como se puede ver en la figura 7.

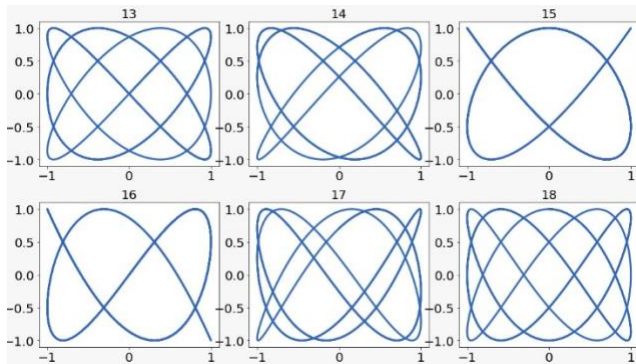


Figura 7. Las figuras de Lissajous. **Fuente:** Los Autores.

4.4. Consiguiendo la visualización de múltiples variables de manera simultáneas en las oscilaciones forzadas amortiguadas.

Las oscilaciones forzadas amortiguadas son un modelo interesante dado su gran variedad de aplicaciones, el comportamiento de sus diferentes variables cuando la frecuencia externa se ve alterada, la condición de resonancia, análisis desde la mecánica cuántica, entre otras cosas, son elementos interesantes que se pueden desarrollar en un curso. En los contenidos de los dos libros trabajados, el Berkeley se enfoca exclusivamente en el desarrollo de un modelamiento matemático y diferentes casos como de oscilaciones forzadas o análisis de estos: oscilaciones inicialmente no perturbadas, pulsaciones transitorias, deducción cuantitativa de la forma de la resonancia, resonancias con sistemas de dos grados de libertad, oscilaciones forzadas de dos péndulos acoplados, entre otros. El Berkeley se desarrolla sin presentar muchas graficas que relacionen las variables que este va trabajando, concentrándose en una

explicación desde los resultados obtenidos y análisis de estos, a diferencia del French, que aunque da una explicación desde este mismo modelo matemático, implementa dentro de su contenido el análisis de las diferentes variables en un contenido visual semejantes a algunas de las gráficas que se observan en la figura 8, mostrando que para diferentes factores de calidad y frecuencias externas las gráficas se ven alteradas, presentando características diferentes para sus variables cuando se cambia uno u otro, entre otras casos y aplicaciones de este modelo, que a diferencia del Berkely, el libro de French sí da uso a varios tipos de gráficas y representaciones pictóricas, permitiendo un análisis más allá del análisis matemático.

Como se puede detallar en la figura 8 la ventaja que permite el notebook construido, está centrado en gráficas que cambian según los valores que se le den a γ y ω_{ext} y así poder interpretar de qué manera se ven alteradas variables como la energía en el oscilador amortiguado forzado. En este diseño, también se puede cambiar las dos condiciones a libre albedrío y determinar de manera concreta la forma en la que actúan estas en el sistema. Para la simulación conseguida, es importante resaltar que es posible ver de manera simultánea qué sucede con el fenómeno de la resonancia; en la primera gráfica se observa la resonancia en amplitud del oscilador y justamente en la gráfica inferior se puede corroborar que es precisamente en ese momento cuando la absorción de energía en el sistema se hace máxima, al visualizar en la misma gráfica la variable potencia del oscilador, posición y velocidad. Justo al lado derecho se tiene el comportamiento del desfase y curva de resonancia de la potencia, que a diferencia de la resonancia de amplitud es totalmente simétrica facilitando el estudio de todas las variables al tiempo en una sola pantalla.

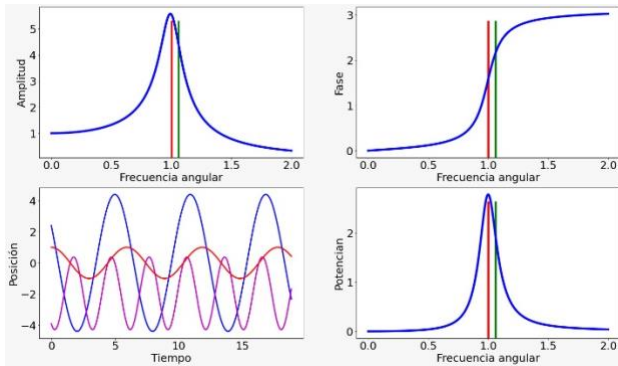


Figura 8. Diferentes parámetros de un oscilador forzado.
Fuente: Los Autores.

4.5. La percepción de los estudiantes.

El curso de oscilaciones y ondas culminó con 10 participantes, quienes contestaron en su totalidad a la encuesta planteada.

A la primera pregunta “¿Considera que las gráficas realizadas Python en el curso de vibraciones y ondas contribuyeron en su proceso de aprendizaje?” el 100% contestó de manera afirmativa.

A la segunda pregunta “En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan difícil fue realizar los códigos propuestos por el docente?” 1 estudiante afirmó que fue “muy difícil”, 1 estudiante fue “difícil”, 6 estudiantes contestaron que no fue “difícil ni fácil”, y 2 estudiantes contestaron que “fue fácil”.

Para la tercera pregunta “¿Considera que el uso de este tipo de herramientas debería ser aplicadas con más frecuencia en sus otros cursos de física y/o matemáticas?” los 10 encuestados contestaron de manera afirmativa.

Las apreciaciones que los profesores de licenciatura en física en formación aportaron respecto a si estas actividades contribuyeron a sus dudas y aprendizaje fueron:

- *Sí, las gráficas ayudaron a comprender no solamente el concepto del fenómeno sino su comportamiento.*

- *Sí, debido a que observar los diferentes parámetros y poderlos modificar ayuda a asimilar lo que sucede.*
- *Sí, ayudaron a entender mejor los conceptos y las formulaciones matemáticas.*
- *Si porque es posible tener una interacción con las variables de las que depende, lo que permite que se puedan variar directamente las gráficas y así tener una mayor apropiación de los conceptos.*
- *Ver el sistema físico de la mano de su representación cartesiana permite comprender las características esenciales del movimiento.*
- *Si, totalmente, ver el análisis desde allí es muy didáctico.*

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

La formación de profesores de física desde los diferentes programas de pregrado y posgrado del sistema universitario necesita considerar el problema fundamental de tener hoy en el sistema académico diversas generaciones en un mismo espacio de formación, las generaciones actuales demandan que sus habilidades innatas y adquiridas en pequeños espacios del currículo con las TIC sean involucradas de manera transversal en actividades de la formación disciplinar, visibilizando la importancia que el mundo actual demanda en habilidades de programación y que estas se conviertan en una herramienta inmediata de utilidad para la adquisición de nuevo conocimiento.

Resaltar la posibilidad que ellas brindan para desglosar, indagar y realizar visualizaciones que ahonden de manera práctica en los conceptos que los textos tradicionales desarrollan.

El uso de herramientas y habilidades computacionales desarrolladas por los estudiantes, pueden ser elementos usados en futuros cursos de oscilaciones para dar explicación a aquellos problemas que en los libros no se desarrollan, como lo es la solución numérica para el oscilador

David Hernández, Carlos Gómez. (2022). Construyendo Python notebooks en el curso de oscilaciones para la formación de profesores de física.

armónico simple (ver figuras 3a y 3b), la comparación de las gráficas en los diferentes casos de un oscilador amortiguado (ver figura 4), la explicación detallada del decaimiento en la energía total de un oscilador subamortiguado, resaltando la oscilación de la energía con un envolvente exponencial que describe el sistema (ver figura 5 y figura 6), la forma en la que se describe la construcción de las figuras de Lissajous (ver figura 7) y el cambio que se da en las diferentes variables de un oscilador forzado amortiguado cuando se varían los parámetros de γ y ω (ver figura 8).

El uso de una herramienta como Python puede facilitar en el estudiante una construcción de gráficas de interés para el aprendizaje que no se consiguen en los tratados teóricos propuesto en la literatura tradicional, como lo es la gráfica del oscilador no lineal, la comparación de los tres osciladores amortiguados, la forma verdadera en la que decae la energía de un oscilador amortiguado, mostrando a su vez la energía cinética y potencial del sistema. También le permite a este ahondar con más propiedad en el análisis gráfico que encuentra, puede recrear las gráficas, manipular parámetros e interactuar con los cambios del comportamiento de las diferentes variables en los sistemas. Esta herramienta puede ser útil no solo para un trabajo autodidacta, sino en su futura labor docente, el licenciado en física puede implementarla, mejorarla y aplicarla en la enseñanza de la física dentro o fuera del aula.

6. Referencias

- Ávila-López, L.A., Zayas, C. (2018). **Desafíos de los docentes frente a la generación millennial y centennial**. In book: Cuarta Revolución Industrial: Tecnologías en las áreas administrativas, contables, informáticas y de negocios. (pp.19-31). Publisher: Pearson.
- Crawford, F. S. (2012). **Ondas (Berkeley Physics Course)**. Editorial Reverté.
- Quinteros, C., & Migone, D. (2020). **¿Cómo aprende la Gen Z y qué esperan de la educación?** Observatorio del Tecnológico de Monterrey.

<https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/generacion-z-expectativas-educacion>.

- French, A. P. (2012). Vibraciones y ondas (Vol. 2). Reverté.
- Holloway, C. (2020, enero 20). **Los 2010: la década en que la tecnología cambió todo**. IT Masters Series. <https://www.itmastersmag.com/noticias-analisis/los-2010-la-decada-tecno/>.
- OCDE. (2020). **Aprovechar al máximo la tecnología para el aprendizaje y la formación en América Latina**. https://www.oecd.org/skills/centre-for-skills/Aprovechar_al_m%C3%A1ximo_la_tecnolog%C3%ADa_para_el_aprendizaje_y_la_formaci%C3%B3n_en_Am%C3%A9rica_Latina.pdf
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2017). **Proyecto Educativo del Programa Proyecto Curricular Licenciatura en Física**. <http://acreditacion-facciencias.udistrital.edu.co:8080/documents/62651/fcc18005-6ec9-4ff7-ad70-ce13424eede0>
- Yasar, O.; Maliekal, J.; Little, L. J. y Jones, D. (2006). **A computational technology approach to education**. Computing in Science & Engineering, 8(3), 76-81.
- Yasar, O. y Landau, R. (2003). **Elements of computational Science and engineering Education**. Society for Industrial and Applied Mathematics. SIAM review, 45(4), 787-805. <https://doi.org/10.1137/S0036144502408075>