

CAPÍTULO 4. Modulo Interactivo en el Campus Virtual 3D ‘UdlaVerso’ para el Aprendizaje de las Leyes de Newton.

<https://doi.org/10.64325/bz7r8275>

Autores

Edwar Andrés Salazar Núñez

Universidad de la Amazonia

<https://orcid.org/0000-0002-0694-9132>

Edwin Eduardo Millán Rojas

Universidad de la Amazonia

<https://orcid.org/0000-0002-4258-4601>

Fredy Antonio Verastegui González

Universidad de la Amazonia

<https://orcid.org/0000-0002-0525-6879>

Como citar: Salazar Núñez, E. A., Millán Rojas, E. E., & Verastegui González, F. A. (2025). Modulo Interactivo en el Campus Virtual 3D ‘UdlaVerso’ para el Aprendizaje de las Leyes de Newton. En E. E. Millán Rojas (Ed.), *Uso de la realidad Virtual 3D para articular la enseñanza de la Física en Ingeniería de Sistemas* (pp. 102-161). Editorial Didaxis. <https://doi.org/10.64325/bz7r8275>

Resumen

En este capítulo podrá conocer cada proceso que se realizó para poder desarrollar el módulo interactivo en el udlaverso, el cual tiene como objetivo facilitar la enseñanza y comprensión de las leyes de newton para docentes y estudiantes. Se desarrolló bajo la métrica V3 la cual apporto para poder dividir en 3 fases este proyecto, las cuales fueron, fase de requerimientos, fase de diseño y la fase de elaboración. Así mismo se debió hacer los respectivos diagramas de clases, casos de uso y de despliegue para una mejor comprensión a nivel de documentación para su desarrollo. Ya pasando al desarrollo se debió instalar el visualizador firestorm para así poder construir los 7 escenarios propuesto para abordar cada una de las leyes de Newton, así como sus evaluaciones. Ya en cada uno de los escenarios se podrá interactuar con diferentes objetos las variables de masa, aceleración y obviamente la acción y reacción de cada uno de estos. Todo esto se hace con el simple hecho de sumergir a cada persona en un ambiente interesante y fuera de la monotonía para observar los impactos positivos para con la enseñanza y aprendizaje de los diferentes temas físicos matemáticos.

Palabras claves: Leyes de Newton; Entornos virtuales de aprendizaje; Simulación tridimensional; Enseñanza de la física.

Abstract

In this chapter, you will learn about each process that was carried out to develop the interactive module in the udlaverso, which aims to facilitate the teaching and understanding of Newton's laws for teachers and students. It was developed under the V3 metric, which allowed this project to be divided into three phases: the requirements phase, the design phase, and the development phase. Likewise, the respective class, use case, and deployment diagrams had to be made for a better understanding at the documentation level for its development. Moving on to the development, the Firestorm visualizer had to be installed in order to build the seven scenarios proposed to address each of Newton's laws, as well as their evaluations. In each of the scenarios, it will be possible to interact with different objects, the variables of mass, acceleration, and, obviously, the action and reaction of each of these. All this is done by simply immersing each person in an interesting environment that breaks the monotony in order to observe the positive impacts on the teaching and learning of different mathematical physics topics.

Keywords: Newton's laws; Virtual learning environments; Three-dimensional simulation; Teaching physics

Introducción

Este capítulo se relacionará con un tema muy conocido en la física matemática, llamado las leyes de newton, pero desde el ámbito de la ingeniería de sistemas se creará un módulo interactivo para aquellos docente y estudiantes puedan interactuar y así enriquecer sus conocimientos mediante un sistema didáctico. En particular, aborda los temas de inercia; relación entre la fuerza y aceleración y el principio de la acción y reacción que son tres apoyos fundamentales pertenecientes a ellas. Así mismo, trata directamente los tres pilares básicos de la física técnica que inician en el tratamiento de los procesos de movimiento, por lo que es de vital importancia para una adecuada formación técnica que imparta los principios básicos.

El presente modulo interactivo responde a la problemática de la comprensión de los conceptos abstractos de la física, en concreto de las leyes de Newton, por parte de los estudiantes. Como bien se ha venido observando la mayoría de los temas de la física matemática son complejos para enseñarlos y aprenderlos, este módulo a partir de simulaciones en un entorno virtual busca poder apoyar esas falencias que a lo largo de los años por situaciones adversas a nuestra voluntad pues se ha venido incrementando. Como se sabe en todo tipo de proyecto se busca una estrategia para así poder abarcar todos los temas requeridos para un módulo de esta magnitud. Es por ello en este caso

se utilizó la métrica V3, la cual es muy reconocida en el mundo del software. Así mismo se enfatizó en tres etapas las cuales fueron, requisitos, diseño y desarrollo. Por otra parte, también se implementó los famosos diagramas de casos de uso y de clases.

Después de una investigación exhaustiva se llegó a conocer la significativa falta de comprensión por parte de los estudiantes y el gran desafío que tienen los educadores para poder enseñar esta clase de temas. Por ello, así como se ha venido conociendo las tecnologías son precisamente para poder ayudar a mitigar esta clase de comportamientos que se presenta al momento de hablar sobre las leyes de Newton que es nuestro caso (González Suarez, 2006; Wieman & Perkins, 2005). En este capítulo se tiene un orden peculiar el cual comienza con una evolución sobre el tema en cuestión, por otro lado, se hace un detallado análisis por parte de los resultados de dicha evaluación el cual nos podrá dar una idea más clara para así poder llevarlas a cabo en cada una de las fases que hemos propuesto.

Después del análisis se podría observar las ventajas que tendría un módulo como el que se plantea ya que con la ayuda de las encuestas realizadas y las diferentes pruebas con usuarios que están pasando por la problemática ya mencionada, pues se puede llegar a que este tipo de módulos interactivos son la clara solución para este tipo de problemáticas. De la misma forma se culmina teniendo una serie de pros y contras para la implementación en el ámbito educativo.

Por último, el capítulo se basa en la importancia de esta clase de herramientas tanto para los docentes como para los estudiantes. Es por ello por lo que las diferentes pruebas con el 'udlaverso' han arrojado una clara solución para así llevar a un nivel superior el entendimiento de esta clase de temas tan importantes en la vida laboral para un ingeniero o cualquier persona que base sus investigaciones en esta clase de temas tan reconocidos en el mundo.

Materiales y Métodos

En esta ocasión la métrica V3 utilizada en este módulo, se basa en una minuciosa planificación y análisis, pero siempre con una serie de pasos muy asertivos a la hora de encontrar estrategias para una solución eficaz. Así mismo muchas entidades la utilizan para la creación de proyectos similares al que se plantea en este capítulo. La convierte en la mejor herramienta para la creación de este módulo interactivo. El mantenimiento se ocupa de arreglar las cosas y mejorarlas más adelante, y el soporte se asegura de que los proyectos se observen y manejen correctamente. Además, métrica V3 fomenta el empleo de herramientas de documentación de sistemas estandarizados como UML para delinear y caracterizar partes del sistema, garantizando un desarrollo bien organizado y suficientemente documentado.

Esta parte examina el proyecto de estudio “modulo interactiva en el ‘udlaverso’ para el aprendizaje de las leyes de Newton”, elaborado bajo el esquema de estudios de sistemas de la universidad de la amazonia. Se entregó un cuestionario a tres estudiantes para evaluar sus habilidades a con el tema en cuestión. Así mismo, se integró chatGPT como experto en el tema obteniendo el papel de tutor. Por consiguiente, se hizo uso del lenguaje unificado de modelado (UML) para así poder emplear los diagramas de casos de uso, clases y despliegue. Ya para poder iniciar con el proyecto se hizo la debida instalación del visor 3D firestorm que este permite el acceso al servidor correspondiente para crear el módulo. El cautivador modulo interactivo proporciona escenarios cinestésicos, lo que permite a los alumnos comunicarse de primera mano con las teorías que están explorando, mejorando la comprensión a través de la participación práctica. Investigaciones previas, como la de Weman y Perkins (2005) validan este método para el entrenamiento físico.

Fase de requerimiento

En esta tabla se puede observar los temas que son directamente relacionados con las leyes de newton. Este tema es uno de los fundamentos clave de la física matemática, ya que ofrece respuestas fundamentales sobre el comportamiento de los objetos y las fuerzas que los influyen en distintos contextos.

Tabla 1. Contenido temático Física 1, Unidad 3.

Unidad 3: las Leyes de Newton	Descripción
Concepto de fuerza	Introducción al concepto de fuerza en física.
Primera ley de Newton y marcos de referencia	Explicación de la primera ley de Newton. Distinción entre masa inercial y masa gravitacional, y definición del peso.
Segunda ley de Newton	Descripción de la relación entre fuerza, masa y aceleración.
Tercera ley de Newton	Presentación del principio de acción y reacción.
Aplicaciones de las leyes de Newton	Ejemplos de aplicación práctica de las tres leyes.
Concepto de fuerzas de fricción	Descripción de la fricción estática y dinámica.
Segunda ley de Newton aplicada al movimiento circular	Uso de la segunda ley de Newton para explicar el movimiento circular uniforme y no uniforme.

Nota. Contenido temático del área de Física 1, Unidad 3. Fuente: Universidad de la Amazonia.

El módulo interactivo del programa educativo llamado "Módulo interactivo en el 'UdlaVerso' para el aprendizaje de las Leyes de Newton" se utilizó para avanzar un cuestionario de 15 preguntas para estudiantes recién familiarizados con el tema, y se creó un formulario distinto para el guía experto, adaptando los objetivos relevantes al punto de vista de cada grupo. Aquí se detalla cada una de las preguntas las cuales se usaron para recopilar la información, enfatizando las consultas formuladas y su disposición metódica para probar la comprensión y la capacidad de implementar los principios fundamentales de Newton en situaciones tanto reales como artificiales.

Tabla 1. Preguntas dirigidas al experto en el tema de las leyes de Newton.

¿Qué aspectos de las Leyes de Newton suelen ser más difíciles de enseñar en un aula tradicional?
¿Cómo sueles explicar la Primera Ley de Newton a tus estudiantes para que la comprendan bien?
¿Qué ejemplos prácticos utilizas para enseñar la Segunda Ley de Newton y cómo te gustaría verlos representados en un entorno virtual?
¿Cómo abor das la enseñanza de la Tercera Ley de Newton y crees que una simulación podría ayudar a los estudiantes a entenderla mejor?
¿Qué herramientas o recursos visuales utilizas actualmente para enseñar las Leyes de Newton?
¿Cómo evalúas si los estudiantes han comprendido correctamente cada una de las Leyes de Newton?
¿Qué desafíos enfrentas al enseñar sobre la relación entre la masa, la fuerza y la aceleración?
¿Cómo crees que una simulación en un metaverso podría mejorar la enseñanza de la inercia?
¿Qué tipos de experimentos o demostraciones te gustaría realizar en un entorno virtual para ilustrar las Leyes de Newton?

¿Cómo te gustaría que los estudiantes interactuaran con los conceptos de acción y reacción en un metaverso?

¿Qué situaciones de la vida real sueles usar para explicar las Leyes de Newton y cómo podrían integrarse en un entorno virtual?

¿Cómo te imaginas que un laboratorio virtual podría ayudar a los estudiantes a entender mejor la fricción en relación con las Leyes de Newton?

¿Qué expectativas tienes sobre el uso de un metaverso para enseñar las Leyes de Newton?

¿Cómo te gustaría que se integraran actividades prácticas en el “UdlaVerso” para mejorar el aprendizaje de estos conceptos?

¿Qué métodos usarías en un entorno virtual para asegurarte de que los estudiantes comprenden las Leyes de Newton?

Nota. Preguntas para el docente experto. Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Preguntas dirigidas a los estudiantes

¿Qué aspectos de las Leyes de Newton te resultaron más difíciles de entender en clase?

¿Cómo preferirías que se explicara la Primera Ley de Newton en un entorno virtual?

¿Qué ejemplos te ayudaron más a comprender la Segunda Ley de Newton y cómo te gustaría experimentarlos en un metaverso?

¿Qué parte de la Tercera Ley de Newton te pareció más complicada y cómo te gustaría que se explicara en el “UdlaVerso”?

¿Qué actividades o simulaciones crees que te ayudarían a entender mejor las Leyes de Newton?

¿Cómo te gustaría experimentar el concepto de inercia en un entorno virtual?

¿Qué recursos visuales o interactivos preferirías usar para aprender sobre la relación entre fuerza, masa y aceleración?

¿Cómo crees que un entorno virtual podría hacer más claro el concepto de acción y reacción?

¿Qué tipo de experimentos virtuales te gustaría hacer para entender mejor la fricción en relación con las Leyes de Newton?

¿Cómo te imaginas que un entorno virtual podría ayudarte a aplicar las Leyes de Newton a situaciones de la vida real?

¿Qué simulaciones o actividades en el “UdlaVerso” te motivarían más a aprender sobre las Leyes de Newton?

¿Cómo te gustaría que se evaluara tu comprensión de las Leyes de Newton en un metaverso?

¿Qué dificultades tuviste al aprender las Leyes de Newton y cómo crees que un entorno virtual podría ayudarte a superarlas?

¿Cómo preferirías que se presentaran los conceptos de fricción estática y dinámica en el “UdlaVerso”?

¿Qué elementos visuales o interactivos te ayudarían más a entender las Leyes de Newton en un entorno virtual?

Nota. Preguntas para los estudiantes. Fuente: elaboración propia.

Así mismo, después de crear los dos formularios tanto para el docente experto como para los tres estudiantes encuestados. Se presentó a un experto en el tema del ‘UdlaVerso’ que radica en la universidad de la amazonia. La situación por la cual se presentó a esta persona es para hacer la debida revisión a cada una de las encuestas a realizar, para así poder encontrar lo que realmente se necesita para poder así plasmarlo en el módulo. Después de haber sido validada la encuesta se presenta a cada uno de los usuarios, para así poder llevar toda la información recolectada a un lenguaje natural. Por otra parte, para evitar serie de mala información o repetitiva, se llevó a cabo la especificación de requerimientos para así tener un orden más específico y poder atender las necesidades de cada uno de los usuarios en cuestión. Lo que nos arrojaría una detallada lista de cada una de las necesidades cruciales para poder darles la debida solución en el módulo interactivo.

Fase de diseño

Para esta fase, se diseñó un diagrama de clases para así poder facilitar la comprensión sobre los diferentes atributos y métodos necesarios para una correcta codificación de cada una de las actividades que se desarrollaran en cada uno de los escenarios. De la misma forma se graficó un diagrama de despliegue para al igual que el anterior poder tener en claro los diferentes hardware y software necesarios para el correcto funcionamiento del módulo en cuestión. Después se realizó dibujos a lápiz para poder plasmar las ideas de diseño para cada uno de los escenarios ya que de esta forma podemos esclarecer que elementos son los necesarios para que el módulo sea gratificante a simple vista.

Así mismo, para poder tener una lluvia de ideas en la cuestión de diseño, se utilizaron diferentes herramientas de la web que se dedican a crear imágenes, lo único necesario es poder describir como queremos cada uno de los escenarios para que estas nos den una imagen semejante a lo descrito por cada uno. De la misma forma se diseñó el diagrama de clases, este tiene como objetivo poder tener en claro las diferentes actividades que deben completar cada uno de los usuarios. Es más, ayuda a clarificar como se le puede facilitar al usuario la navegación por cada uno de los escenarios disponibles para su formación a con el tema de las leyes de Newton. Además, cada caso de uso se le hizo la debida especificación para clarificar cada uno de los aspectos importantes como los actores, secuencia de eventos, excepciones, rendimiento y demás características necesarias para el óptimo desarrollo del módulo.

Fase de elaboración

Para poder explorar el módulo es necesario instalar el visor firestorm, su debida descarga se debe hacer desde el sitio oficial para no incurrir en problemas como virus y demás malwares. Después de su descarga, se requiere seguir el paso a paso para poder llegar a su instalación optima y sin ningún contra tiempo.

La estructura arquitectónica del edificio que alojara cada uno de los escenarios es de forma triangular. Así mismo, el usuario tendrá un sendero el cual lo dirigirá hacia la entrada principal donde encontrará el primer escenario el cual en su derecha tendrá

los diferentes Teleports los cuales lo dirigirán a los demás escenarios. Ya en su lado izquierdo habrá un auditorio con sillas y una pantalla en la cual habrá un video el cual es reforzar el tema de las leyes de Newton.

En forma general cada uno de los 7 escenarios fue equipado con elementos fundamentales para el desarrollo de enseñanza y aprendizaje de las leyes de Newton. Cada uno de ellos fue programado minuciosamente para que cumpla con cada una de las funciones necesarias y así cumplir el objetivo del módulo. Por otro lado, se conformó un grupo de expertos en estos temas de módulos 3D para que evaluaran cada uno de los módulos y sus actividades. Para esto se basaron en el principio de Nielsen. De la misma forma se creó una encuesta en Google forms con una escala en cada una de las preguntas de 1 a 5.

Resultados

En esta sección se podrán encontrar cada uno de los resultados que se pudieron evidenciar en cada una de las fases anteriormente ya planteadas y sus actividades que aplican en cada una de ellas. Así mismo, podrán visualizar cada respuesta de los estudiantes y profesor en las encuestas planteadas al principio del este capítulo, de la misma forma, habrá imágenes de cada escenario para su mejor visualización. Los resultados mostraron que los estudiantes mejoraron significativamente su comprensión de los conceptos físicos, lo que concuerda con lo que Ma y Nickerson (2006) ya observaron en 2006. Destacaron el impacto positivo de los laboratorios virtuales y la simulación en el aprendizaje. Además, las interfaces inmersivas utilizadas en este módulo permitieron a los estudiantes sentirse más involucrados, más involucrados y comprender mejor los temas científicos, que desde había planteado anteriormente en 2009.

Por otro lado, estudios como el de Jong, Linn y Zacharia (2013) demostraron que los laboratorios virtuales son una herramienta muy útil para el aprendizaje a través de la investigación, ya que se adaptan a las necesidades específicas de cada estudiante. Estos hallazgos refuerzan la idea de que las simulaciones y los entornos interactivos son recursos pedagógicos valiosos, especialmente cuando se trata de enseñar conceptos

científicos complejos. En definitiva, estas herramientas no sólo facilitan el aprendizaje, sino que también lo hacen más dinámico e interesante para los estudiantes.

Resultados de la Fase de requerimiento

Para poder encontrar la problemática en la enseñanza y aprendizaje sobre las leyes de Newton, se hizo la recolección de las diferentes respuestas de los 3 estudiantes y el docente experto en el tema. De esta forma se puede evidenciar el punto de vista de los usuarios que principalmente pondrán a prueba el módulo interactivo. Así mismo, se podrá desarrollar la debida solución para con el problema en cuestión.

Tabla 3. Respuestas del experto

Los conceptos abstractos, como la inercia y la relación entre la fuerza y la aceleración, suelen ser los más difíciles de transmitir en un aula. Muchos estudiantes tienen problemas para visualizar cómo se comporta un objeto en diferentes condiciones, y explicar estos conceptos solo con ejemplos teóricos a veces no es suficiente. (ChatGPT, 2024)
Para que comprendan bien la Primera Ley de Newton, suelo utilizar ejemplos de la vida cotidiana, como un libro que permanece sobre una mesa hasta que se le aplica una fuerza para moverlo. Sin embargo, creo que una simulación que permita a los estudiantes ver cómo actúa la inercia en diferentes condiciones, sería más efectiva. Algo como lo que estás proponiendo en tu proyecto, donde los estudiantes puedan manipular las condiciones y observar los efectos, facilitaría su comprensión. (ChatGPT, 2024)
Suelo usar ejemplos como empujar un carrito de supermercado o lanzar una pelota, donde se pueda observar cómo la fuerza aplicada afecta la aceleración. En un entorno virtual, me gustaría que los estudiantes pudieran modificar las variables de fuerza y masa para ver cómo cambia la aceleración en tiempo real. (ChatGPT, 2024)
La Tercera Ley de Newton la explico usando ejemplos como el retroceso de una pistola o empujar una pared. Estoy convencido de que una simulación donde los estudiantes puedan experimentar directamente con fuerzas de acción y reacción, como empujar objetos y ver cómo estos reaccionan, facilitaría muchísimo su comprensión. (ChatGPT, 2024)
Actualmente uso diagramas en pizarra, videos de YouTube, y demostraciones en clase, pero estos tienen sus limitaciones. Poder contar con una plataforma que permita a los estudiantes interactuar directamente con los conceptos sería un cambio significativo, ya que les daría la oportunidad de experimentar con las Leyes de Newton en un entorno controlado. (ChatGPT, 2024)
Uso cuestionarios teóricos y problemas prácticos en los que los estudiantes deben aplicar las leyes a situaciones cotidianas. No obstante, en un entorno como el que propones, podría evaluar su comprensión directamente a través de ejercicios interactivos donde manipulen fuerzas, masas y vean los resultados en tiempo real. (ChatGPT, 2024)

El mayor desafío es que los estudiantes suelen tener dificultades para entender cómo la masa influye en la aceleración cuando se aplica una fuerza. En tu proyecto, la capacidad de cambiar esos valores en una simulación y ver los resultados de manera inmediata sería una solución excelente para superar este desafío. (ChatGPT, 2024)

Una simulación en un metaverso permitiría a los estudiantes experimentar cómo un objeto en reposo o en movimiento permanece en ese estado hasta que se le aplique una fuerza externa. Poder ver esto en un entorno interactivo como el que propones en tu proyecto definitivamente mejoraría la comprensión de este concepto, ya que los estudiantes podrían experimentar de primera mano cómo funciona la inercia. (ChatGPT, 2024)

Me gustaría que los estudiantes pudieran realizar experimentos como empujar objetos de diferentes masas, observar el efecto de la fricción o manipular la aceleración de un objeto. (ChatGPT, 2024)

Me gustaría que los estudiantes pudieran aplicar fuerzas a diferentes objetos y observar directamente la reacción que producen. Por ejemplo, podrían empujar un muro y ver cómo este "empuja" de vuelta. (ChatGPT, 2024)

Suelo usar situaciones como un coche que acelera o un balón que es pateado para explicar las leyes. En un entorno virtual, estas mismas situaciones podrían integrarse como simulaciones donde los estudiantes experimenten con las variables en tiempo real. (ChatGPT, 2024)

En un laboratorio virtual, los estudiantes podrían modificar el coeficiente de fricción entre dos superficies y observar cómo afecta el movimiento de un objeto. Esto sería una excelente manera de enseñarles cómo la fricción influye en la aplicación de las Leyes de Newton. (ChatGPT, 2024)

Mis expectativas son que los estudiantes puedan interactuar con los conceptos de manera directa y práctica, haciendo que el aprendizaje sea más intuitivo. Con un entorno como el que describes en tu proyecto, podríamos superar muchas de las limitaciones del aula tradicional. (ChatGPT, 2024)

Me gustaría ver actividades donde los estudiantes puedan realizar simulaciones personalizadas, cambiar variables como fuerza y masa, y recibir retroalimentación inmediata, las actividades prácticas serían esenciales para consolidar el aprendizaje. (ChatGPT, 2024)

Utilizaría evaluaciones integradas dentro de las simulaciones, como preguntas prácticas y ejercicios interactivos donde los estudiantes apliquen las leyes directamente. Los métodos propuestos en tu proyecto, como el uso de evaluaciones al final de cada simulación, me parecen adecuados para garantizar la comprensión. (ChatGPT, 2024)

Nota. Respuestas obtenidas a partir de la aplicación del formulario (tabla 2) diseñado para expertos en la enseñanza de las Leyes de Newton. Fuente: ChatGpt.

Tabla 4. Respuestas del estudiante #1 en relación con el aprendizaje de las leyes de Newton

Considero que una de las cosas que más se me dificultó, fue entender la Tercera Ley de Newton y cómo aplicarla a situaciones del mundo real. La idea de que cada acción tiene una reacción opuesta se me hizo confusa en la práctica, especialmente cuando intentaba visualizar cómo actúan estas fuerzas en direcciones opuestas, pero con la misma magnitud. Por ejemplo, recuerdo ejercicios que planteaban situaciones como empujar una pared o saltar desde el suelo, y me costaba entender cómo exactamente la pared me empuja de vuelta o cómo el suelo aplica una fuerza hacia arriba para impulsarme. Otro aspecto que me costó para la Segunda ley de Newton fue cómo la fricción y otras fuerzas de resistencia (como la resistencia del aire) afectan el movimiento. No siempre fue claro cómo calcular o predecir la cantidad de fricción y cómo esta influye en el resultado final del movimiento de un objeto.

Me gustaría que la primera Ley de Newton se explicara con un video interactivo donde se pueda ver ejemplos de objetos en movimiento y en reposo, y cómo se comportan sin ninguna fuerza actuando sobre ellos. También, sería genial poder experimentar el "pausar" o "arrancar" un objeto virtual para ver cómo la inercia realmente funciona.

Los ejemplos que más me ayudaron a comprender este tema fueron con los coches acelerando y frenando. Por su parte, en el metaverso, me gustaría mucho tener la oportunidad de "manejar" un auto donde pudiera ajustar diferentes variables, como su masa o la potencia del motor, para ver cómo eso afecta la aceleración; es decir, tipo un simulador de carreras donde se puede experimentar con estas cosas y al mismo tiempo divertirse haciendo una carrera de autos. Considero que esto, ayudaría a entender mejor cómo la fuerza y la masa realmente afectan el movimiento en situaciones del mundo real. Sería como una forma interactiva de experimentar esta ley de Newton.

Lo que me resultó más complicado fue entender cómo la Tercera Ley de Newton se aplica en situaciones cotidianas, especialmente cuando no se pueden ver las reacciones inmediatas. Recuerdo mucho un ejercicio sobre un trampolín que se me dificultó resolver, pues cuando se salta de un trampolín, uno siente que se impulsa hacia arriba, pero no siempre es claro cómo la fuerza que aplica al trampolín se traduce en el movimiento. Me gustaría que en el UDLA-verso hubiera una simulación que muestre de manera clara, sencilla y visual cómo la fuerza que aplicamos a un objeto genera una reacción igual y opuesta, usando ejemplos cotidianos como saltar, empujar o lanzar algo.

Simulaciones donde se pueda cambiar variables como la masa de los objetos, la fuerza, y ver los resultados en tiempo real; pues, sería interesante experimentar con simulaciones que muestren cómo la variación de una variable influye en el comportamiento de los objetos en tiempo real para que nos ayude a visualizar los efectos inmediatos y las interacciones entre fuerza, masa y aceleración, facilitando una comprensión más clara y directa de estas leyes.

Para experimentar el concepto de inercia en un entorno virtual, sería muy interesante tener una simulación donde pueda moverse dentro de un tren o carro virtual y observar cómo la inercia afecta mi movimiento al arrancar, acelerar o frenar. Poder "sentir" el tirón hacia atrás o adelante en el juego cuando el tren o coche cambia de velocidad sería muy útil para entender cómo la inercia actúa en situaciones de la vida cotidiana. También, imagino que una simulación en un parque de diversiones virtual sería de mucha ayuda para comprender a profundidad el concepto de inercia; que tipo se pueda experimentar la inercia mientras se sube y baja en montañas rusas, en la rueda o cosas así; por ejemplo, cuando la montaña rusa acelera, desacelera o cambia de dirección.

Me gustaría experimentar con diferentes superficies y objetos para ver cómo la fricción cambia según el material. También sería genial, que se permita deslizar ciertos objetos, sobre superficies en condiciones diversas, por ejemplo, sobre el hielo o arena, y ajustar la fuerza aplicada para ver cómo varía el movimiento.

Podría ser demasiado útil ver ejemplos de la vida diaria, como manejar un auto o empujar una caja, lanzar un balón, etc en un entorno virtual. Así podría practicar y entender cómo aplicar las leyes a lo que se hace todos los días y también porque estos son ejemplos muy comunes y con los que se suelen explicar, practicar y evaluar estos temas.

Competencias interactivas o juegos donde aplico las leyes para completar desafíos, como mover objetos en una carrera o resolver problemas para desbloquear nuevos niveles.

Gráficos que muestren cómo cambian estas variables en tiempo real cuando ajusto alguna de ellas. Un simulador donde pueda aplicar diferentes fuerzas a objetos de distintas masas para ver cómo afecta la aceleración también sería genial.

Poder participar en experimentos en situaciones o actividades de la vida real, en donde pueda interactuar con objetos que reaccionan a mis acciones, a lo que yo como usuario indique. Por ejemplo, poder elegir diferentes objetos y aplicar diversas fuerzas sobre ellos para observar cómo reaccionan, o también una simulación donde pueda visualizar el empuje de una caja, ajustar la fuerza aplicada y ver cómo la caja se mueve y cómo la fuerza de reacción actúa. Sería muy útil tener la opción de experimentar con otros escenarios, como lanzar una pelota contra una pared y observar cómo la pelota rebota y la fuerza que se ejerce en la dirección opuesta, o interactuar con mecanismos como resortes y poleas para ver cómo las fuerzas se equilibran y se contrarrestan. Ya que este tipo de situaciones son las más comunes a la hora que se está explicando estos temas y poder visualizarlas, e interactuar con ellas nos permitiría entender más.

Me gustaría que la evaluación de mi comprensión de las Leyes de Newton en un metaverso se realizara a través de simulaciones interactivas y escenarios prácticos en los que pudiera aplicar los conceptos en situaciones del mundo real. Por ejemplo, podría resolver desafíos que involucren el uso de las tres leyes en contextos variados, como el movimiento de vehículos, el lanzamiento de proyectiles o la interacción de objetos en diferentes superficies. También podría haber cuestionarios o problemas prácticos al final de cada simulación para evaluar mi comprensión y habilidades para aplicar las leyes en diferentes contextos y darme una puntuación de cada problema resuelto. Este enfoque práctico y visual permitiría demostrar el dominio de los conceptos de una manera más efectiva y comprensible de estas leyes.

En muchas ocasiones me costó imaginar, visualizar cómo las fuerzas afectan a los objetos. Entonces, un entorno virtual sería clave para ayudar a interpretar, entender y sobre todo ver y manipular esas fuerzas de manera directa interactiva y divertida, haciendo que los conceptos sean más fáciles de entender.

En el 'UdlaVerso', preferiría que los conceptos de fricción estática y dinámica se presentaran a través de simulaciones interactivas donde pudiera experimentar con una variedad de objetos sobre diferentes superficies. Por ejemplo, tener la opción de empujar objetos en superficies como hielo, asfalto, arena, y observar cómo varía la resistencia al movimiento. La simulación podría mostrar claramente la fricción estática al intentar iniciar el movimiento de un objeto que está en reposo, y la fricción dinámica al mantener el objeto en movimiento. Además, contar con gráficos y datos en tiempo real sobre la fuerza de fricción y su impacto en el movimiento me ayudaría a comprender mejor las diferencias entre ambos tipos de fricción y cómo se manifiestan en situaciones reales.

Gráficos interactivos, la posibilidad de modificar variables para ver cómo afectan los resultados y también sería increíble visualizar e interactuar con gráficos en 3D. Considero necesario, que se implementen actividades prácticas donde se pueda aplicar lo aprendido para resolver problemas o completar tareas en el entorno virtual.

Nota. Respuestas obtenidas a partir de la aplicación del formulario (tabla 3) diseñado para estudiantes en el aprendizaje de las leyes de Newton. Fuente: estudiante #1.

Tabla 5. *Respuestas del estudiante #2 en relación con el aprendizaje de las leyes de Newton*

Lo más complejo inicialmente es identificar o visualizar que fuerzas actúan sobre un cuerpo o como están involucradas dependiendo de la dirección.

Creo que sería bueno que se ilustrara de manera virtual mediante el uso de simuladores, con ejemplos de la vida cotidiana, no solo entornos aislados, sino que dentro de las ilustraciones se simulen situaciones de la vida real que ejemplifiquen la primera ley de Newton.

No considero que haya un ejemplo puntual que me haya ayudado a entender mejor, sin embargo, el hecho de buscar distintos ejemplos y ejercicios de los libros de física y realizarlos, empezando por ilustrarlos fue muy importante, lo que más me ayudó fue hacer dibujos y entender primero la situación antes de iniciar a resolver lo que se pedía. Sería genial que mediante un metaverso estas ilustraciones visuales sean mucho más simples, entendibles y permitan una mejor comprensión al estudiante.

Nuevamente creo que lo más complejo fue identificar el cómo actuaban las fuerzas y en qué dirección lo hacían. Que se explicara de una manera más didáctica, visual y animada en el UDLA-verso sería de mucha ayuda para una mayor comprensión.

Experimentos simples, como empujar un objeto o lanzarlo, también realizar juegos con objetos como pelotas o carros de diferentes pesos o masa, para hacer comparaciones de cómo las fuerzas intervienen en su movimiento y demás.

Me gustaría observar o poder realizar anotaciones o aclaraciones sobre simulaciones de experimentos que ejemplifican esta ley, como el de tirar de un mantel que tiene encima varios objetos, entonces me gustaría ver anotaciones de cómo ocurre esto, en los momentos justos.

Cualquiera que tenga relación con la cotidianidad, como carros, pelotas, llantas y demás, sin embargo, teniendo una gran variedad de estos con características un poco distintas, que varíen en masa, o que se le agregue mayor fuerza, para ver cómo se relacionan estas y cómo varían dependiendo del valor de esta o como les afecta a los diferentes objetos.

También haciendo uso de una visualización más clara de la intervención de las fuerzas de acción y reacción de una manera gráfica y dinámica que ejemplifique con situaciones de la cotidianidad como las fuerzas actúan casi que en parejas y tienen el mismo valor, pero con direcciones contrarias. Además de que las simulaciones puedan ser repetidas en momentos precisos para mayor comprensión.

Simulaciones con diferentes superficies que tengan distintos coeficientes de fricción.

Con la ilustración de situaciones y escenarios reales se podrían observar entornos que simulen los movimientos de vehículos de deportes construcciones y demás que nos permitan saber cómo influyen las diferentes fuerzas en estas situaciones de la vida real.

Aparte de las simulaciones podrían incluirse juegos que nos permitan comprender cómo estas fuerzas actúan en situaciones cotidianas o reales de nuestro interés e incluso en condiciones peligrosas que no podemos reproducir en la vida real como choques de carros o lanzamientos de cohetes.

Mediante test interactivos, que permitan hacer uso de un contenido audiovisual y responder preguntas de manera puntual.

Nuevamente la visualización de las fuerzas y la identificación de ellas fue lo más complicado entonces anotaciones puntuales sobre la intervención de estas fuerzas en simulaciones permitiría una comprensión mucho más sencilla.

Con ejemplos que permitan interactuar con una gran variedad de condiciones como distintas superficies, distintas inclinaciones del plano, variación en la aplicación de fuerzas o terrenos variados y gran variedad de objetos.

Una gran variedad de objetos y variación de sus mismas características, además anotaciones bien precisas sobre cada simulación.

Nota. Respuestas obtenidas a partir de la aplicación del formulario (tabla 4.3) diseñado para estudiantes en el aprendizaje de las leyes de Newton. Fuente: estudiante #2.

Tabla 6. *Respuestas del estudiante #3 en relación con el aprendizaje de las leyes de Newton*

La relación entre masa, fuerza y aceleración.
Con algún tipo de desafío donde se deba aplicar la ley.
El de lanzar una pelota con distintas masas y observar como la aceleración iba cambiando cuando se aplicaba la misma fuerza con un simulador donde se logre hacer gráficos y mostrar los resultados de cómo cambia la aceleración.
Entender cómo las fuerzas de acción y reacción actúan de manera simultánea, pero en cuerpos diferentes, se podrían hacer simulaciones con un cohete ya que los gases expulsados hacia abajo ejercen una fuerza hacia arriba lo que impulsa el cohete.
Laboratorios virtuales, simuladores de caída libre.
Sería bueno tener simulaciones y actividades interactivas que se logre que la inercia se sienta de manera más tangible y visual.
Gráficos dinámicos en tiempo real, videos explicativos.
Con mayor interacción en simulaciones, con videos explicativos, diferentes juegos para hacer más dinámico el aprendizaje.
Experimentos de cuerpos en pendiente, simulaciones de frenado de vehículos, experimentos de fuerza normal y fricción.
Resolución de problemas en tiempo real.
Competencias de ingeniería virtual.
Resolviendo alguna simulación.
No lograba entender muy bien el tema los ejercicios no los lograba comprender de una manera clara, creo que mirando videos y haciendo más actividades didácticas.
Escenarios de resolución de problemas.
Videos explicativos y laboratorios donde se puedan realizar diferentes simulaciones.

Nota. Respuestas obtenidas a partir de la aplicación del formulario (tabla 3) diseñado para estudiantes en el aprendizaje de las leyes de Newton. Fuente: estudiante #3.

En total, se obtuvieron 45 respuestas de los tres estudiantes encuestados y 15 del docente, alcanzando un total de 60 respuestas, lo cual proporcionó una base significativa para extraer los requerimientos e iniciar la construcción del módulo. Tras aplicar el formulario a los participantes, se llevó a cabo un análisis detallado para identificar las peticiones y necesidades específicas de los usuarios respecto al aprendizaje de las leyes de Newton.

Tabla 8. *Requisitos funcionales en lenguaje natural.*

n°	descripción	origen
RF-01	El sistema debe presentar de manera clara los conceptos de la Primera, Segunda y Tercera Ley de Newton, utilizando ejemplos visuales y explicativos.	Pregunta 1 (Profesor)
RF-02	El sistema debe permitir la simulación del principio de inercia, donde los estudiantes puedan observar cómo un objeto en reposo o en movimiento continúa en ese estado a menos que una fuerza externa actúe sobre él.	Pregunta 2 (Profesor)
RF-03	El sistema debe permitir a los estudiantes experimentar con diferentes masas y fuerzas para observar cómo estos factores afectan la aceleración de un objeto, según la Segunda Ley de Newton ($F = ma$).	Pregunta 3 (Profesor)
RF-04	El sistema debe simular situaciones donde se aplique la Tercera Ley de Newton, mostrando cómo cada acción tiene una reacción igual y opuesta, por ejemplo, cuando un objeto empuja contra una pared y la pared empuja de vuelta.	Pregunta 4 (Profesor)

RF-05	El sistema debe incluir ejercicios prácticos donde los estudiantes puedan aplicar las Leyes de Newton en diferentes escenarios, resolviendo problemas relacionados con movimiento, fuerza y aceleración.	Pregunta 9 (Profesor)
RF-06	Al final de cada lección, el sistema debe ofrecer una evaluación para medir la comprensión de los estudiantes sobre las Leyes de Newton.	Pregunta 6 (Profesor)
RF-07	El sistema debe registrar los resultados de las evaluaciones, permitiendo a los estudiantes revisar su rendimiento y a los educadores monitorear el progreso.	Pregunta 6 (Profesor)
RF-08	El sistema debe permitir a los educadores modificar los parámetros de las simulaciones, como la fuerza aplicada o la masa de los objetos, para adaptar los ejercicios a diferentes niveles de dificultad.	Pregunta 14 (Profesor)
RF-09	El sistema debe ser capaz de generar reportes detallados sobre el progreso de los estudiantes, destacando áreas de fortaleza y debilidad en la comprensión de las Leyes de Newton.	Pregunta 6 (Profesor)
RF-010	El sistema debe proporcionar retroalimentación inmediata durante los ejercicios prácticos, indicando a los estudiantes si están aplicando correctamente las Leyes de Newton.	Pregunta 15 (Profesor)

RF-011	El sistema debe ofrecer acceso a recursos complementarios, como lecturas y videos, que profundicen en los conceptos enseñados.	Pregunta 5 (Profesor)
RF-012	El sistema debe incluir un soporte técnico accesible para ayudar a los usuarios en caso de problemas durante el uso de las simulaciones y ejercicios.	Física 1, Unidad 3, Leyes de Newton
RF-013	El sistema debe permitir la visualización de gráficos y tablas que representen la relación entre fuerza, masa y aceleración, ayudando a los estudiantes a interpretar los resultados de las simulaciones.	Pregunta 7 (Profesor)
RF-014	El sistema debe permitir la configuración del idioma de la interfaz y del contenido educativo para adaptarse a diferentes grupos de estudiantes.	Física 1, Unidad 3, Leyes de Newton
RF-015	El sistema debe permitir a los estudiantes acceder a sus evaluaciones anteriores para revisar respuestas y aprender de sus errores.	Pregunta 15 (Profesor)

Nota. Requisitos funcionales en lenguaje natural. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, los requerimientos fueron especificados mediante un enfoque orientado a objetos, detallando para cada uno aspectos como código, nombre, descripción, prioridad, origen y usuario. De esta forma se encontró una mejor claridad ante las peticiones recolectadas en las respuestas anteriores por parte de los estudiantes y docente experto. Así mismo, se especificaron 15 requerimientos.

Tabla 9. *Especificación de requisitos funcionales*

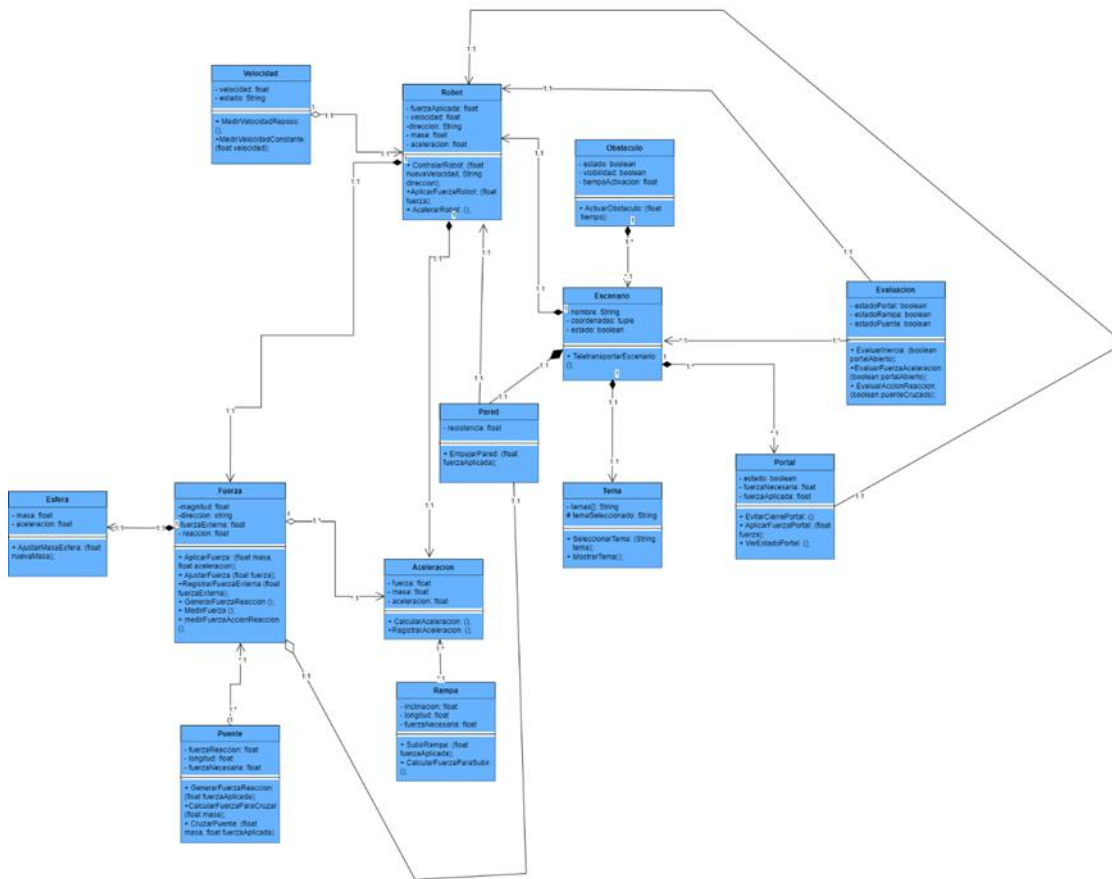
código	RF-02
nombre	Simulación de inercia
descripción	El sistema debe incorporar la capacidad de simular el principio de inercia, permitiendo a los estudiantes observar cómo un objeto permanece en reposo o en movimiento uniforme hasta que una fuerza externa intervenga para modificar su estado. Esta funcionalidad busca facilitar la comprensión práctica de este principio fundamental de las Leyes de Newton.
prioridad	Alta
origen	Pregunta 2 (Profesor)
usuarios	Estudiante

Nota. Modelo de especificación de requisitos. Fuente: elaboración propia.

Resultados de la Fase de diseño

Ya para esta fase se evidencia el diagrama de clases estructurado y creado para facilitar al codificador los diferentes atributos y clases que son requeridos para el óptimo desarrollo del módulo interactivo. Se muestra puntos clave que se deben tener en cuenta a la hora de desarrollar cada uno de los escenarios y sus elementos que tendrá alguna programación para que el usuario interactúe con ellos.

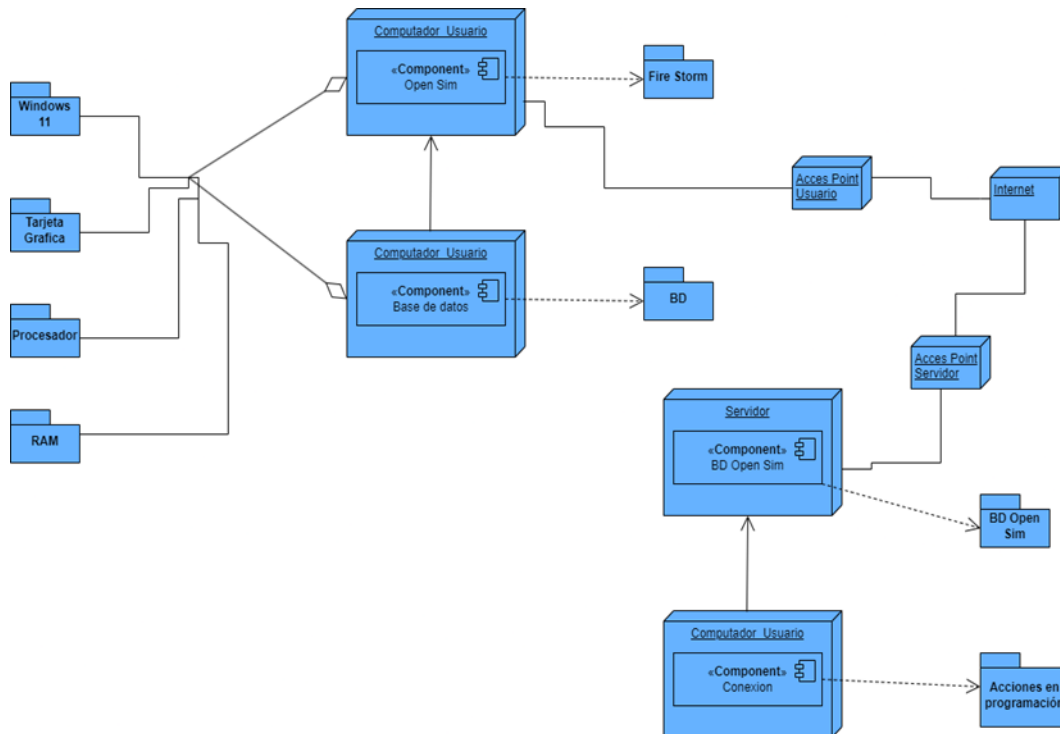
Figura 1. Diagrama de Clases del Proyecto



Nota. Diagrama de clases. Fuente: elaboración propia en la página draw.io.

De la misma forma se diseñó un diagrama de secuencia el cual nos evidencia la interacción que tiene cada software y hardware utilizados para el desarrollo del módulo en cuestión. Es muy necesario ya que nos aclara las herramientas que se deben estar a la mano para su utilidad ya que sin estas difícilmente se podría cumplir con el objetivo de cada escenario planteado.

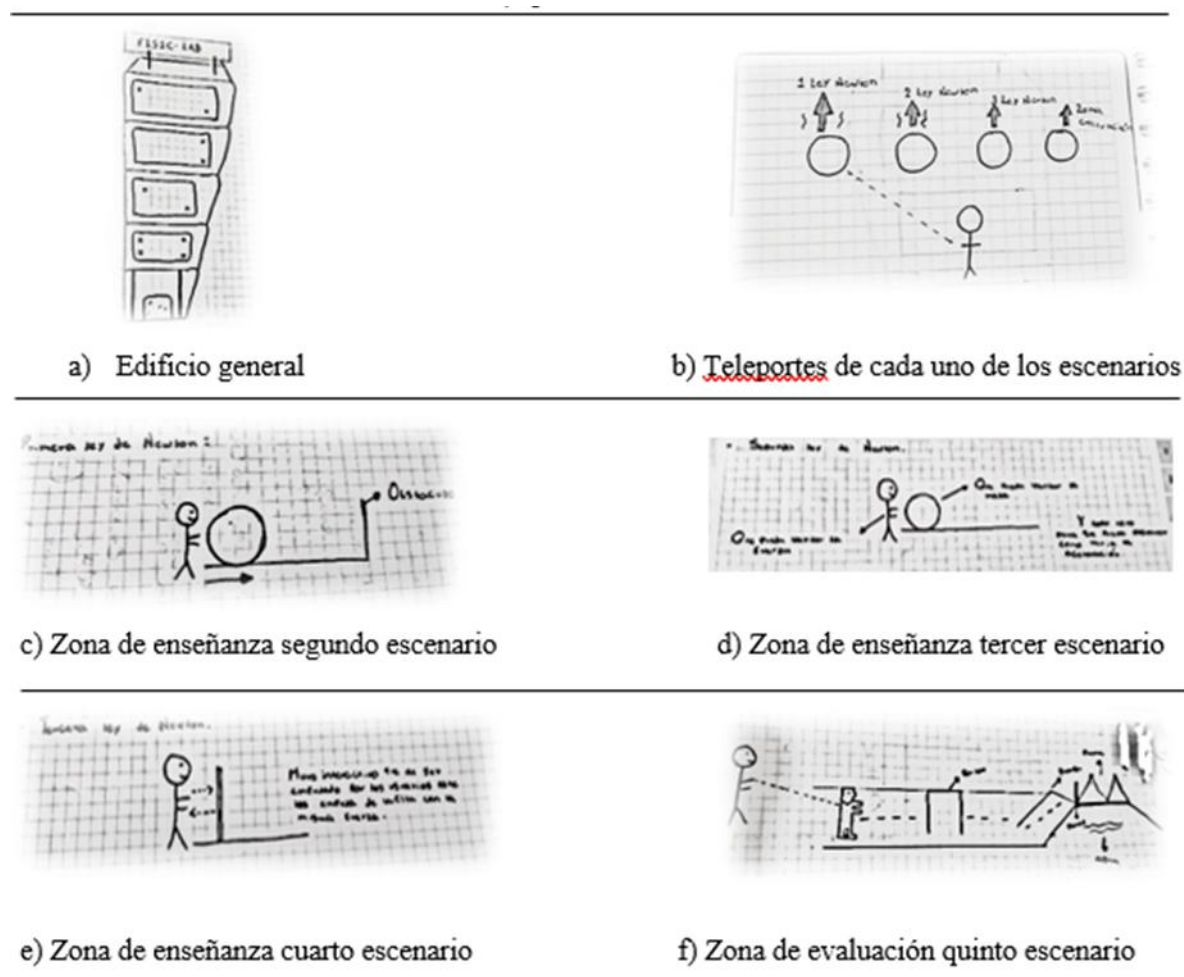
Figura 2. Diagrama de secuencia del modulo



Nota. Diagrama de secuencia. Fuente: elaboración propia en la página draw.io.

Para el diseño arquitectónico del edificio y de cada uno de los escenarios, se realizaron bocetos a mano alzada los cuales ayudaron a tener una mínima idea de cómo se construirían cada uno. Así mismo, es fundamental esta clase de ejercicios para encontrar errores y poderlos solucionar a tiempo. Al igual que poder encontrar rutas fáciles para la navegación de cada uno de los usuarios que usen este módulo.

Figura 3. Bocetos a mano alzada de los escenarios a implementar.



Nota. Bocetos iniciales a mano alzada. Fuente: elaboración propia.

Así como anteriormente plasmamos las ideas arquitectónicas para cada uno de los escenarios pues de la misma forma se describió a las diferentes herramientas creadoras de imágenes que nos brindaran ilustraciones que cumplieran con los elementos necesarios para cada módulo. De esta forma, se brindan diferentes ideas de diseños para poder implementarlos ya en el ‘udlaverso’. Fue muy enriquecedora ya que nos permite poder analizar y mejorar cada uno de los diseños ya planteados en papel y lápiz.

Figura 4. Imágenes generadas por la IA de los elementos necesarios para cada escenario



a) Edificio general



b) Escenario uno teleportes



c) Movimiento de la esfera



d) Ajuste de masa esfera



e) Pared interactiva



f) Control robot



g) Ajuste de velocidad robot



h) Acción y reacción robot



i) Entrada del edificio



j) Sala de espera escenario 1



k) Teleportes escenario 1



l) Zona de activar muro escenario 2



m) Velocidad esfera escenario 1



n) Masa de esfera



ñ) Ajuste de fuerza del avatar



o) Variación velocidad



p) Muestra de acción y reacción



q) Empuje de muro



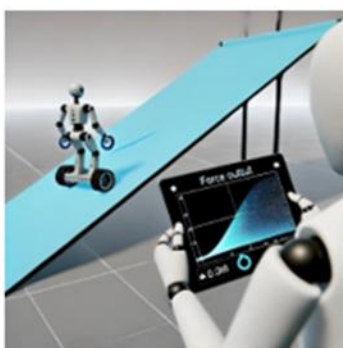
r) Manejo de robot



s) Aplicación de fuerza al robot



t) Ajuste aceleración robot



u) Ajuste fuerza, subir rampa



v) Robot empujando pared

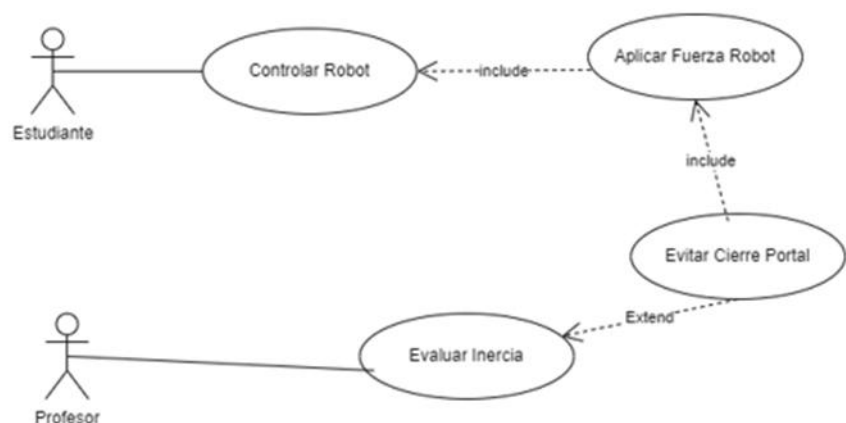


w) Visualización acción y reacción

Nota. Imágenes creadas. Fuente: ChatGpt-4.

En esta sección se diseñó el diagrama de casos de uso para el óptimo flujo que tendrá cada una de las acciones en los diferentes escenarios. Se presenta un ejemplo en donde hay una interacción entre docente y estudiante ya que es donde se evaluará el concepto de la inercia. En este claro modelo de casos de uso, se muestra en detalle la acción del estudiante para ser evaluado por el docente, ya que este debe poder manipular el robot para que cumpla con una serie de retos en donde pondrá a prueba la inercia.

Figura 5. Diagrama de casos de uso del proceso de inercia



Nota. Ejemplo de diagrama de casos de uso sobre la inercia. Fuente: elaboración propia en la página draw.io.

Por otra parte, se evidencia a continuación la especificación del caso de uso que tomamos de ejemplo anteriormente, aquí se podrá detallar detenidamente cada uno de los aspectos a tener en cuenta al momento de llevar estas acciones al módulo. Gracias a esto, se podrá interpretar mejor lo que hay que hacer al momento de entrar a manipular cada elemento en este escenario.

Tabla 10. Formato de especificación de casos

cu-016	controlar robot
Versión	1.0
Autores	Edwar Salazar
Fuentes	RF-005
Actores:	Estudiante
Objetivos Asociados	Controlar el movimiento del robot.
Casos de uso Asociados	N/A
Descripción	El estudiante controla el movimiento del robot en la simulación.
Precondición	El robot está operativo y preparado para recibir comandos de control.

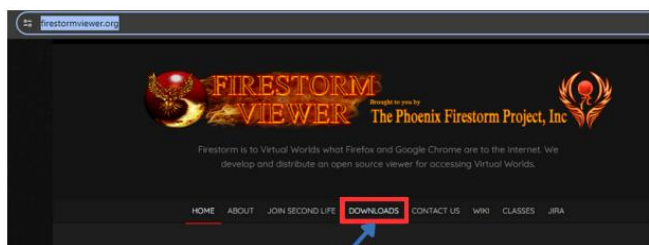
Atributos	Velocidad: float Dirección: String	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El estudiante activa el control del robot.
	2	El robot sigue los comandos dados por el estudiante.
Postcondición	El robot se mueve de acuerdo con los comandos.	
Excepciones	Paso	Acción
	1	Error en el control o la respuesta del robot.
Rendimiento	Control en tiempo real.	
Importancia	Alta	
Urgencia	Alta	
Estado	En desarrollo	
Estabilidad	Estable	

Nota. Especificación del caso de uso “controlar Robot”. Fuente: elaboración propia.

Resultados de la Fase de elaboración

Para poder entrar al entorno de aprendizaje de las leyes de Newton, se debe hacer uso de plataformas que sirven de visor para el metaverso, en este caso se hace uso de Firestorm, el cual se debe de descargar como se muestra en la figura 4.6. A continuación el link de descarga: <https://www.firestormviewer.org/>.

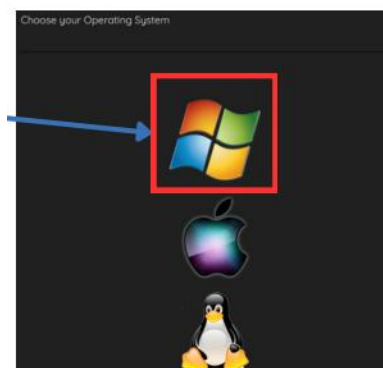
Figura 6. Procedimiento de descarga e instalación



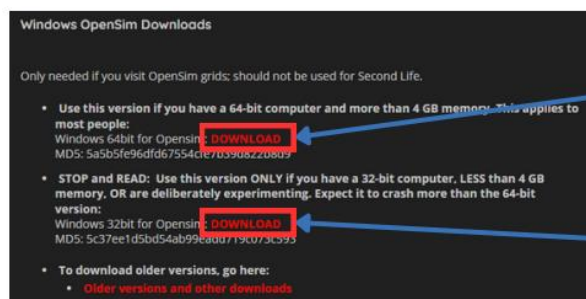
a) Dar clic en downloads



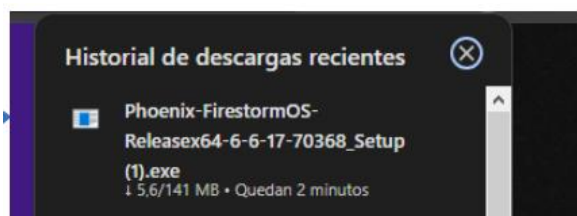
b) Dar clic en Open Simulator



c) Elegir tu sistema operativo



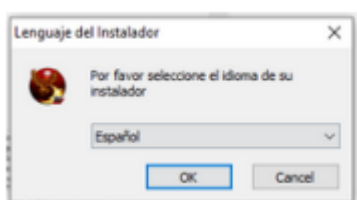
d) Clic en los bits de tu sistema operativo



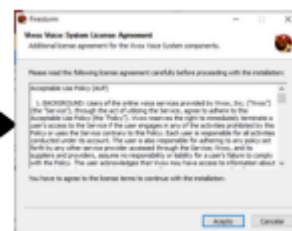
e) Descargar iniciada



f) Clic en el programa ya descargado



g) Seleccionar lenguaje y clic en “Ok”



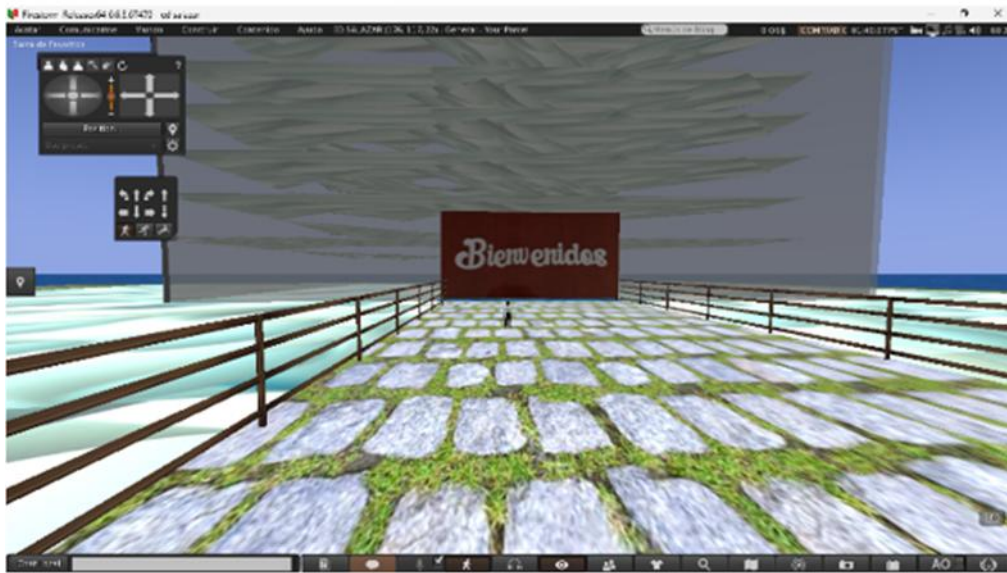
h) Aceptar términos y condiciones

Nota. Paso a paso para la descarga e instalación del firestorm. Fuente: sitio web oficial de Firestorm (<https://www.firestormviewer.org>).

Escenarios generales:

Las figuras 4.7 a 4.15 presentan una visión general de los escenarios desarrollados para el aprendizaje de las Leyes de Newton. Cada uno de estos escenarios está diseñado para abordar conceptos clave específicos, proporcionando una estructura interactiva e inmersiva que facilita la comprensión de los principios físicos. Ya en cada una de las ilustraciones se podrá ver cómo están distribuidos cada módulo. En la siguiente figura se evidencia el edificio en forma triangular, así como su puerta con sensor en el tapete para hacer el ingreso más fácil para el usuario. A los lados tenemos una especie de cerca para evitar que los estudiantes se desvíen del camino. Vale aclarar que en toda la isla habrá diferentes teleportes por si hay inconvenientes en encontrar la entrada al edificio. Cada uno de estos está programado para llevarlos al sitio correspondiente para el ingreso.

Figura 7. Vista de la entrada principal



Nota. Construcción del edificio y su entrada. Fuente: elaboración propia.

Para dar un ejemplo de codificación se evidencia a continuación un script el cual es el que abre la puerta automáticamente cada vez que se pise el tapete.

```
default
{
    collision_start(integer num)
    {
        llSay(0, "Avatar ha pisado el tapete"); // Verificación en el chat local
        llRegionSay(-4235, "open"); // Enviar mensaje a las puertas
    }
}
```

Área de video:

Al haber entrado a mano derecha se podrá encontrar una especie de auditorio el cual está equipado con script para que el avatar se pueda sentar y ver el video de retroalimentación en la pantalla de al frente. De esta forma se hace sentir la sensación de que los estudiantes están inversos en el ‘udlaverso’.

Figura 8. Área de video en el escenario uno.



Nota. Zona de retroalimentación en forma de video en el escenario 1. Fuente: elaboración propia.

Así mismo, se evidencia un ejemplo de código para poder sentarse:

```
default
{
    state_entry()
    {
        vector sitPosition = <-0.4, 0.5, 0.5>; // Posición de asiento relativa al objeto
        rotation sitRotation = llEuler2Rot(<0, 0, 90> * DEG_TO_RAD); // Rotación de 180 grados para
        orientar al avatar de frente

        llSitTarget(sitPosition, sitRotation);
        llSetSitText("Siéntate aquí");
    }

    touch_start(integer total_number)
    {
        llSay(0, "Haz clic derecho en el avatar y selecciona 'Levantarse.'");
    }
}
```

Área de Teleports:

En este mismo escenario 1, se podrá encontrar a mano izquierda la sección de Teleports, estos son los encargados de poder teletransportar a cada uno de los avatares a cualquiera de los escenarios que prefieran interactuar. Tienen aspecto brillante para así captar la atención de cada uno de los usuarios que estén navegando en el módulo.

Figura 9. *Zona de teleports escenario uno*



Nota. Teleportes ubicados en el escenario 1. Fuente: elaboración propia.

Así como anteriormente se mostraron ejemplos de los scripts, aquí podremos observar la estructura del programa para teletransportar un avatar.

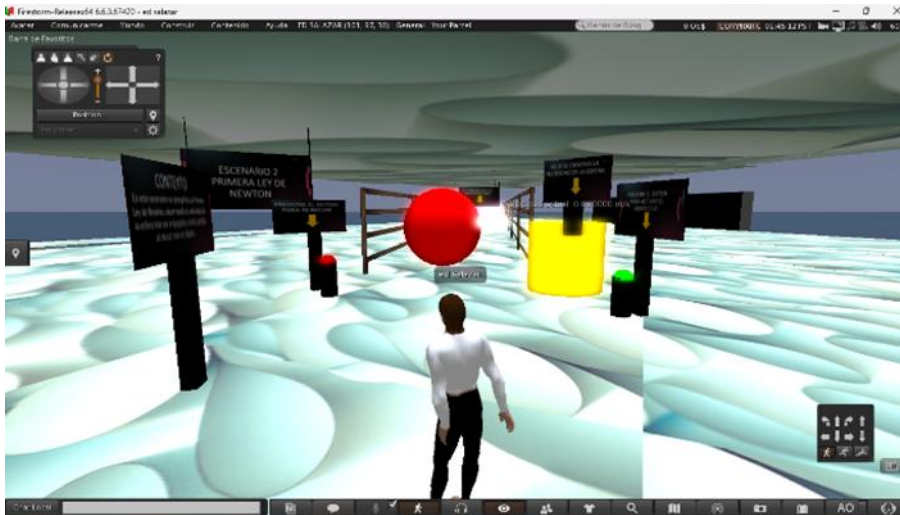
```
vector destination = <104.0, 100.0, 30.0>;  
key avatarID;  
  
default  
{  
    touch_start(integer num_detected)  
    {  
        avatarID = llDetectedKey(0);  
        if (llDetectedType(0) & AGENT)  
        {  
            llRequestPermissions(avatarID, PERMISSION_TELEPORT);  
        }  
    }  
  
    run_time_permissions(integer perm)  
    {  
        if (perm & PERMISSION_TELEPORT)  
        {  
            llTeleportAgent(avatarID, "", destination, ZERO_VECTOR);  
        }  
        else  
        {  
            llSay(0, "No se otorgaron permisos de teletransporte.");  
        }  
    }  
}
```

Escenario dos (2) primera ley de Newton:

Ya para este escenario se contará con una actividad capaz de poder conocer de forma didáctica la inercia, es por ello habrá una bola roja, la cual al ser manipulada por el usuario mostrará en un elemento de color amarillo la velocidad con que se está

desplazando. Además, un botón rojo permite restablecer la posición de la esfera, brindando la posibilidad de repetir el ejercicio cuantas veces sea necesario. Finalmente, se cuenta con una sección de teleportes para facilitar el traslado a otros escenarios.

Figura 10. Zona de enseñanza de la primera ley de newton



Nota. Zona de práctica del escenario 2 todo basado en la primera ley de Newton. Fuente: elaboración propia.

Se evidencia un ejemplo de script para poder mostrar la velocidad de la esfera:

```
float intervalo = 0.5; // Intervalo de actualización en segundos
integer canal = -5555; // Canal compartido entre la esfera y el cubo

default
{
    state_entry()
    {
        // Activar la física para que la esfera se mueva libremente
        llSetStatus(STATUS_PHYSICS, TRUE);

        // Comenzar un bucle que actualizará la velocidad en tiempo real
        llSetTimerEvent(intervalo);
    }

    timer()
    {
```

```

// Obtener la velocidad actual de la esfera
vector velocidad = llGetVel();
float velocidadMagnitud = llVecMag(velocidad);

// Enviar la velocidad al cubo (pantalla) en el canal compartido
llRegionSay(canal, (string)velocidadMagnitud);
}

// Otras funciones que ya tienes en el script, como listen y touch_start
}

```

Zona de practica segunda ley de Newton:

En este escenario tres (3) se desarrollará la segunda ley de newton que hace referencia a que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa. Es por ello por lo que habrá un botón de color azul celeste en donde podrá el usuario ajustar la masa de la esfera y en el objeto amarillo ver cómo cambia su velocidad. Así mismo habrá un botón rojo en donde podrá reiniciar el ejercicio. Por último, habrá una sección de teleportes.

Figura 11. Zona de enseñanza de la segunda ley de newton



Nota. Zona de práctica del escenario 3 todo basado en la segunda ley de Newton. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evidencia un ejemplo para poder reiniciar el juego:

```
integer canal = -1111; // Canal por donde se enviará el mensaje a la esfera  
  
default  
{  
    touch_start(integer total_number)  
    {  
        // Enviar un mensaje en el canal compartido para que la esfera vuelva a su  
        posición inicial  
        llRegionSay(canal, "regresar");  
    }  
}
```

Zona de practica Tercera ley de Newton:

El escenario 4 está diseñado para ilustrar la Tercera Ley de Newton. En este espacio, los usuarios pueden observar cómo, al empujar un cubo, este devuelve una fuerza equivalente en dirección opuesta, ejemplificando el principio de que "para cada acción, existe una reacción igual y opuesta." Además, el sistema muestra en tiempo real las fuerzas de acción y reacción actuando sobre el cubo, proporcionando una visualización clara y directa de estos conceptos físicos. Por último, habrá una sección de Teleports.

Figura 12. Zona de enseñanza de la tercera ley de newton



Nota. Zona de práctica del escenario 4 todo basado en la tercera ley de Newton. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evidencia un script de ejemplo para mostrar la acción y reacción:

```
vector start_pos; // Variable para almacenar la posición inicial

default
{
    state_entry()
    {
        start_pos = llGetPos(); // Guarda la posición inicial
        llSetStatus(STATUS_PHYSICS, TRUE); // Activa la física del objeto
        llCollisionSound("", 0.0); // Desactiva el sonido de colisión por defecto
    }

    collision_start(integer total_number)
    {
        vector vel = llGetVel();

        // Si la velocidad es muy baja, ignoramos el impacto
        if(llVecMag(vel) < 0.1) return;

        // Calculamos la dirección del impacto y fuerza base del impacto
        vector impact_dir = llVecNorm(vel);
        float impact_force = llVecMag(vel) * llGetMass();

        // Si el objeto se desplaza hacia adelante, invertimos la dirección de reacción
        vector reaction;
        if (llGetPos().x > start_pos.x) // Comprobamos si la posición x es mayor que
la inicial
        {
            reaction = -impact_dir * impact_force * 2.0; // Multiplicador ajustable
        }
        else
        {
            reaction = impact_dir * impact_force * 2.0;
        }

        // Aplicamos la fuerza de reacción
        llSetForce(reaction, FALSE);
    }
}
```

```

// Mostramos los valores de acción y reacción
string msg = "Impacto: " + (string)llRound(impact_force) + "N\n";
msg += "Reacción: " + (string)llRound(llVecMag(reaction)) + "N\n";
msg += "Velocidad: " + (string)llRound(llVecMag(vel) * 10) + " m/s";
llSetText(msg, <1,0,0>, 1.0);

// Limpiamos el texto y eliminamos la fuerza aplicada tras 2 segundos
llSetTimerEvent(2.0);
}

timer()
{
    llSetText("", ZERO_VECTOR, 0.0);
    llSetTimerEvent(0.0);
    llSetForce(ZERO_VECTOR, FALSE); // Eliminamos la fuerza continua
}

touch_start(integer total_number)
{
    // Reseteamos el objeto a su posición inicial y eliminamos cualquier fuerza o
    velocidad aplicada
    llSetPos(start_pos);
    llSetText("", ZERO_VECTOR, 0.0);
    llSetForce(ZERO_VECTOR, FALSE);
    llSetVelocity(ZERO_VECTOR, FALSE);
    llSetAngularVelocity(ZERO_VECTOR, FALSE);
}
}

```

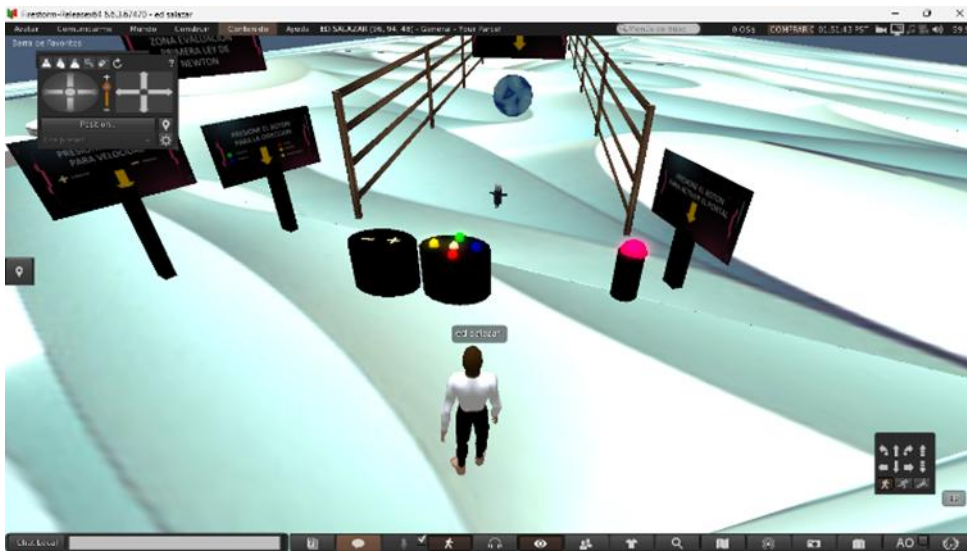
Zona de evaluación primera ley de Newton:

El escenario cinco (5) es una zona de evaluación dedicada a la Primera Ley de Newton, diseñada para que los usuarios pongan a prueba sus conocimientos en un entorno controlado. En este espacio, los usuarios disponen de varios elementos interactivos, como un botón rosado que activa o desactiva un portal y una consola de control con botones de diferentes colores: el botón amarillo dirige el robot hacia la derecha, el verde hacia adelante, el azul hacia la izquierda, el rojo hacia atrás y el blanco reinicia su posición. Además, el usuario puede ajustar la velocidad del robot

utilizando botones con signos de más y menos para incrementarla o disminuirla, respectivamente.

El objetivo es guiar al robot hasta el portal en un máximo de dos minutos; si no logra alcanzarlo en este tiempo, el robot desaparecerá y el ejercicio se considerará fallido. Este escenario permite evaluar la comprensión de la Primera Ley de Newton mediante una experiencia práctica y desafiante. Finalmente, este escenario incluye una sección de teleportes para facilitar la navegación entre diferentes áreas.

Figura 13. *Escenario de evaluación primera ley de newton*



Nota. Zona de evaluación del escenario 5 todo basado en la primera ley de Newton.
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evidencia un ejemplo para cambiar la velocidad del robot:
integer canalVelocidad = -5557; // Canal específico para ajustar la velocidad
float velocidad = 0.2; // Velocidad inicial (se comparte con el script de dirección)

```
default
{
    state_entry()
    {
        llListen(canalVelocidad, "", NULL_KEY, ""); // Escucha los comandos de
        velocidad
    }
}
```

```

listen(integer channel, string name, key id, string message)
{
  if (message == "aumentar_velocidad")
  {
    velocidad += 0.1; // Incrementa la velocidad
  }
  else if (message == "disminuir_velocidad")
  {
    velocidad -= 0.1; // Decrementa la velocidad
    if (velocidad < 0.1) velocidad = 0.1; // Establece un límite mínimo
  }
}
}

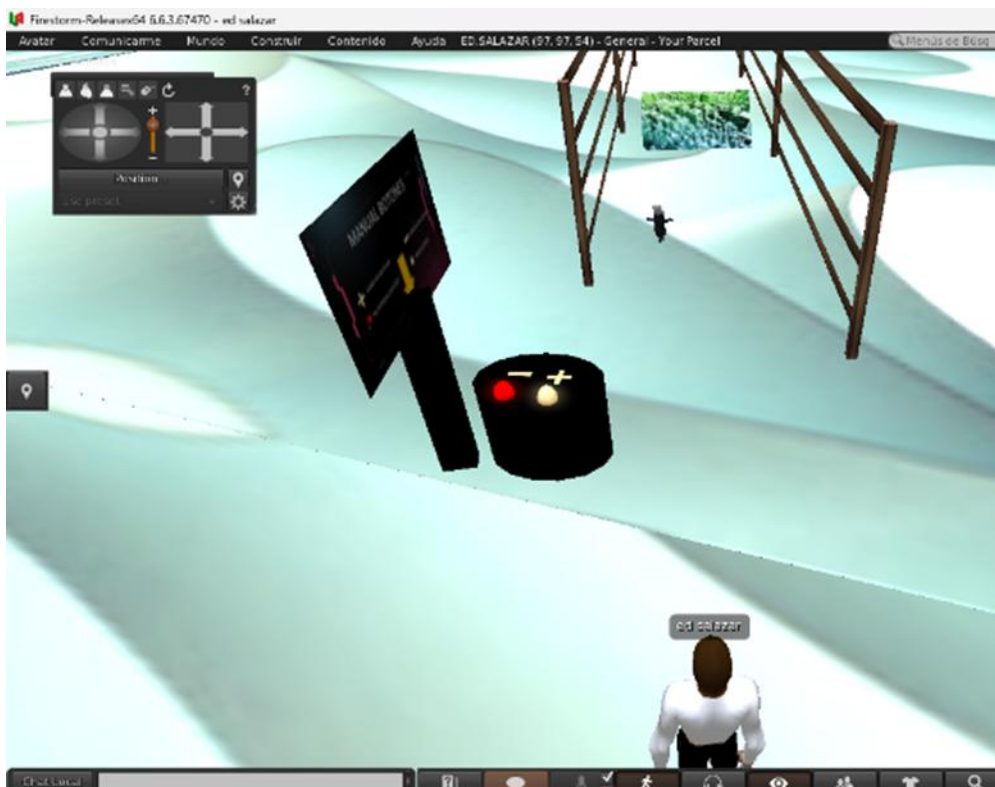
```

Zona de evaluación segunda ley de Newton:

En el escenario seis (6) el cual es zona de evaluación segunda ley de Newton, los usuarios encontrarán una rampa que presenta el desafío de ajustar la velocidad del robot para que pueda subirla correctamente. Para controlar este aspecto, se dispone de botones con signo más y menos, que permiten incrementar o reducir la velocidad del robot según sea necesario. Un botón rojo está diseñado para pausar y reiniciar el movimiento del robot, mientras que un botón blanco reinicia el escenario completo, permitiendo repetir la actividad desde el inicio.

Este escenario ofrece una práctica aplicada del control de movimiento en pendientes. Por último, cuenta con sección de teleportes.

Figura 14. *Escenario de evaluación segunda ley de newton*



Nota. Zona de evaluación del escenario 6 todo basado en la segunda ley de Newton.
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evidencia un ejemplo para la dirección del robot:

```
integer canal = -7777; // Canal compartido para dirección
```

```
float velocidad = 0.2; // Velocidad inicial
```

```
default
```

```
{
```

```
    state_entry()
```

```
    {
```

```
        llListen(canal, "", NULL_KEY, ""); // Escucha los comandos de dirección
```

```
    }
```

```
listen(integer channel, string name, key id, string message)
```

```
{
```

```
    vector movimiento;
```

```
    if (message == "adelante")
```

```
    {
```

```

        movimiento = <velocidad, 0, 0>; // Mueve hacia adelante
    }
    else if (message == "atras")
    {
        movimiento = <-velocidad, 0, 0>; // Mueve hacia atrás
    }
    else if (message == "izquierda")
    {
        movimiento = <0, velocidad, 0>; // Mueve hacia la izquierda
    }
    else if (message == "derecha")
    {
        movimiento = <0, -velocidad, 0>; // Mueve hacia la derecha
    }

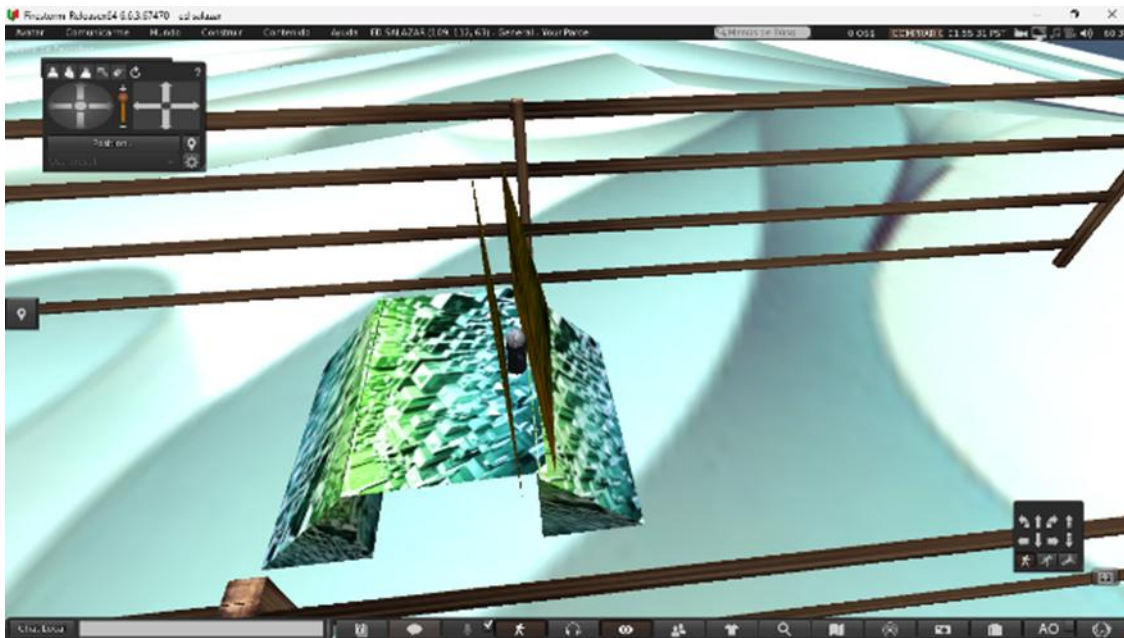
    // Aplica el movimiento si es un comando de dirección
    if (message == "adelante" || message == "atras" || message == "izquierda" ||
message == "derecha")
    {
        llSetPos(llGetPos() + movimiento);
    }
}
}

```

Zona de evaluación tercera ley de Newton:

Finalmente, el escenario siete (7) constituye la zona de evaluación para la Tercera Ley de Newton. En este espacio, se ha dispuesto un puente con el robot posicionado entre dos paredes. El objetivo es que el robot empuje la pared frontal, lo que generará una fuerza de reacción en la pared trasera que lo empujará hacia adelante con la misma intensidad, permitiéndole avanzar y cruzar el puente. Esta actividad brinda una experiencia práctica para que los usuarios comprendan y apliquen el principio de acción y reacción.

Figura 15. *Escenario de evaluación tercera ley de newton*



Nota. Zona de evaluación del escenario 7 todo basado en la tercera ley de Newton. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evidencia un ejemplo para subir la rampa:

```
default
{
    state_entry()
    {
        llListen(canalRegreso, "", NULL_KEY, ""); // Escucha el comando de
regreso/iniciar
        llListen(canalPausa, "", NULL_KEY, ""); // Escucha el comando de
pausa/continuación
        llListen(canalAumentarVelocidad, "", NULL_KEY, ""); // Escucha el comando
para aumentar velocidad
        llListen(canalDisminuirVelocidad, "", NULL_KEY, ""); // Escucha el comando
para disminuir velocidad
        llSetTimerEvent(0); // Inicia el temporizador apagado
    }

    listen(integer channel, string name, key id, string message)
    {
        // Comando de regreso/iniciar
        if (channel == canalRegreso && message == "regresar")
```

```

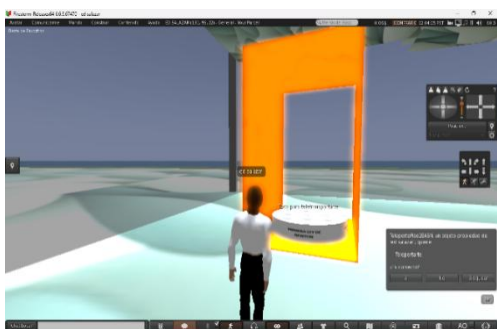
{
  if (enMovimiento || enPausa)
  {
    // Si está en movimiento o en pausa, regresa al origen y se detiene
    llSetPos(posicionInicial);
    enMovimiento = FALSE;
    enPausa = FALSE;
    llSetTimerEvent(0); // Detener el temporizador
    llSay(0, "El robot ha regresado a la posición inicial y está detenido.");
    haPasadoRampa = FALSE; // Reinicia el estado de la rampa
  }
  else
  {
    // Si está detenido, comienza a moverse hacia la rampa
    enMovimiento = TRUE;
    llResetTime(); // Reinicia el temporizador de tiempo límite
    llSetTimerEvent(0.1); // Activa el temporizador para movimiento
    llSay(0, "El robot ha sido reiniciado y comenzará a moverse.");
  }
  return;
}

```

Elementos importantes de cada escenario:

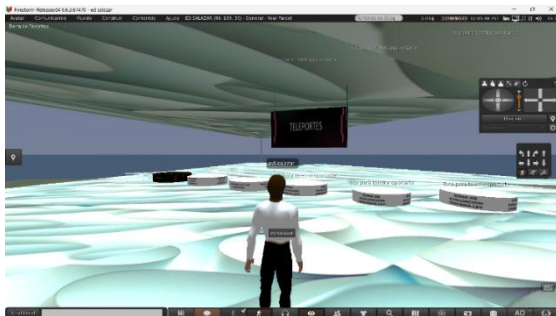
Los elementos de cada escenario, que se pueden observar en las figuras 8, han sido diseñados específicamente para facilitar la comprensión práctica de las Leyes de Newton mediante interacciones directas. Cada escenario incluye componentes como esferas, rampas y superficies de diferentes texturas y materiales, que permiten experimentar con conceptos como la inercia, la aceleración y el principio de acción-reacción. Además, estos elementos son ajustables, lo que posibilita modificar variables como la masa, la fuerza aplicada y la fricción, permitiendo a los usuarios observar los efectos en tiempo real.

Figura 16. Elementos de cada escenario



a) Zona de retroalimentación (escenario 1)

b) Teleportes para ir a cada escenario (escenario 1)



Teleportes para cada uno de los escenarios (escenario 2)

d) Velocidad esfera (escenario 2)



e) Botón para activar obstáculo (escenario 2)



f) Botón de reinicio (escenario 2)



g) Esfera de movimiento (escenario 2)



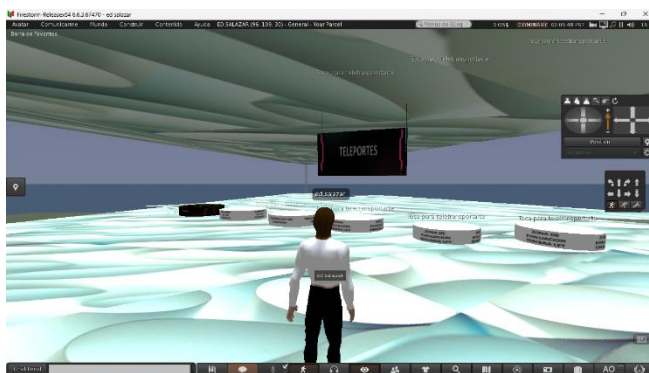
h) Obstáculo(escenario 2)



i) Velocidad de la esfera (escenario 3)



j) Botón de ajuste masa de la esfera (escenario 3)



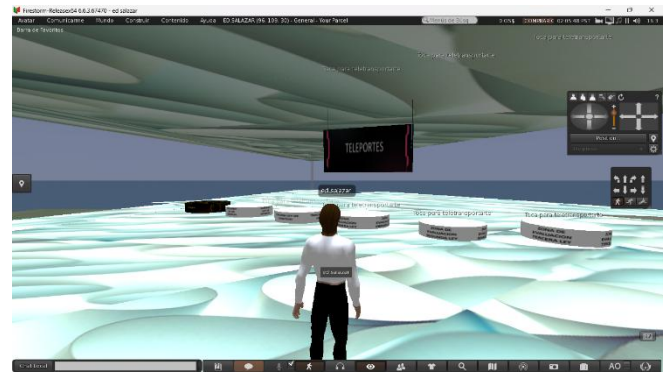
k) Teleportes escenario 3



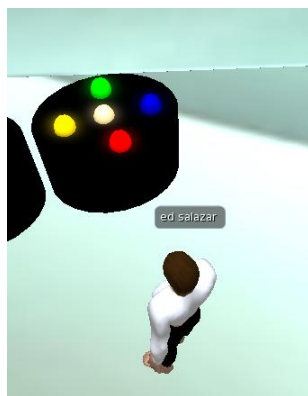
l) Reiniciar esfera (escenario 3)



m) Cubo acción y reacción (escenario 4)



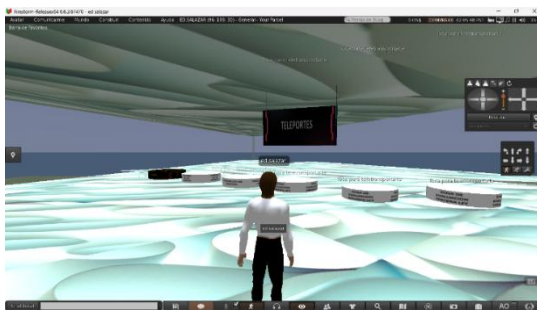
n) Teleportes escenario 4



ñ) Botones control robot (escenario 5)



o) Aumento y disminución velocidad robot (escenario 5)



p) Teleportes (escenario 5)



q) Robot (escenario 5)



r) Portal (escenario 5)



s) Botón para activar o desactivar el portal
(escenario 5)



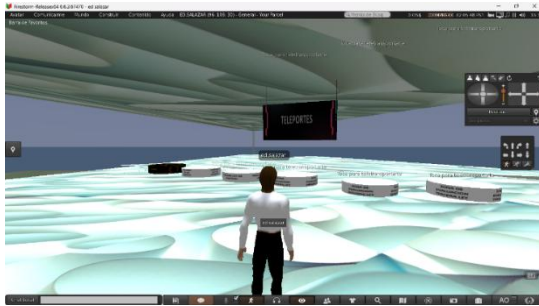
t) Botones para pausar, reiniciar, reanudar, aumentar fuerza y velocidad, disminuir fuerza y velocidad. (escenario 6)



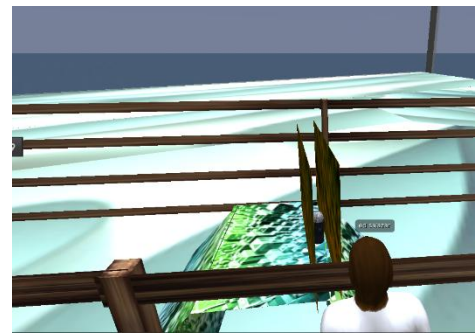
u) Robot (escenario 6)



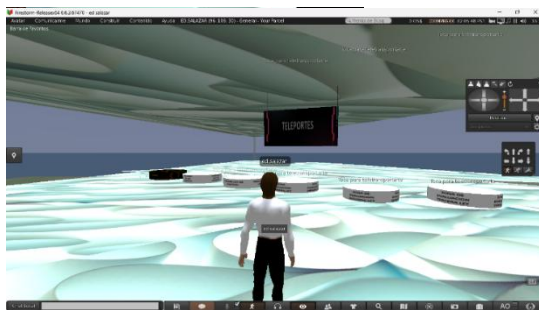
v) Rampa (escenario 6)



w) Teleportes (escenario 6)



x) Puente y robot con sus muros (escenario 7)



y) Teleportes (escenario 7)



z) Muestra de la acción y reacción (escenario 7)

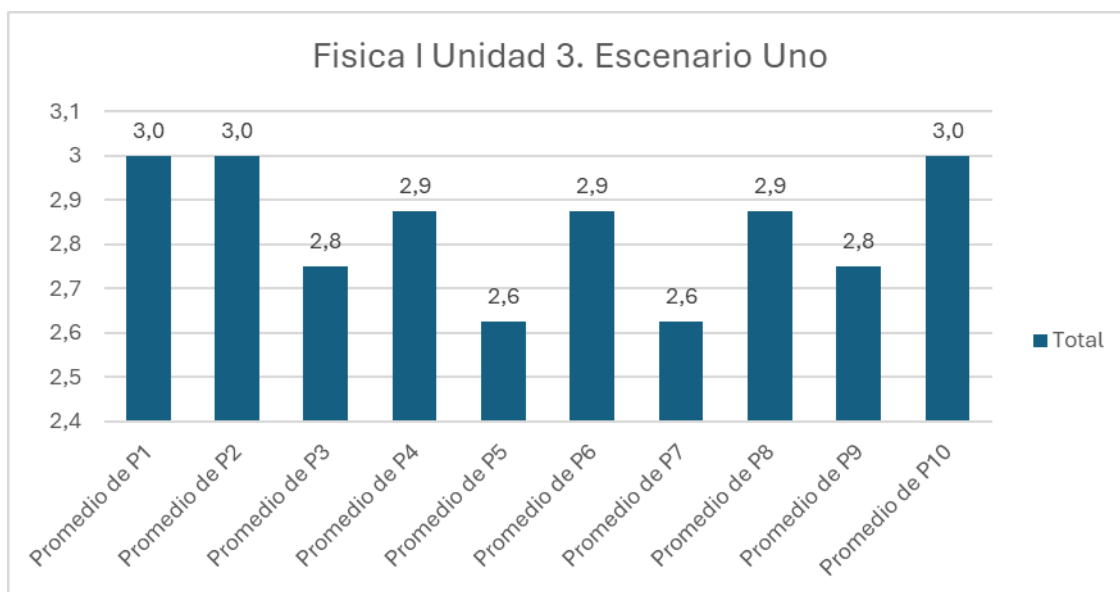
Nota. Elementos necesarios e importantes para llevar a cabo el objetivo de enseñar y aprender las leyes de Newton. Fuente: elaboración propia.

Evaluación heurística:

Se desarrolló un cuestionario en Google Forms para que cada persona involucrada en el proyecto realizara una evaluación subjetiva de cada escenario, teniendo en cuenta los siguientes criterios: visibilidad del estado del sistema, correspondencia entre el sistema y la realidad, libertad y control del usuario, consistencia y estándares, prevención de errores, reconocimiento en lugar de recuerdo, flexibilidad y eficiencia en el uso, diálogos estéticos y diseño minimalista, asistencia del sistema para reconocer, diagnosticar y recuperar errores, y disponibilidad de ayuda y documentación. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada figura. En la figura 17 se evidencia la evaluación del escenario uno (1) con un promedio básico, se debe aclarar

que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

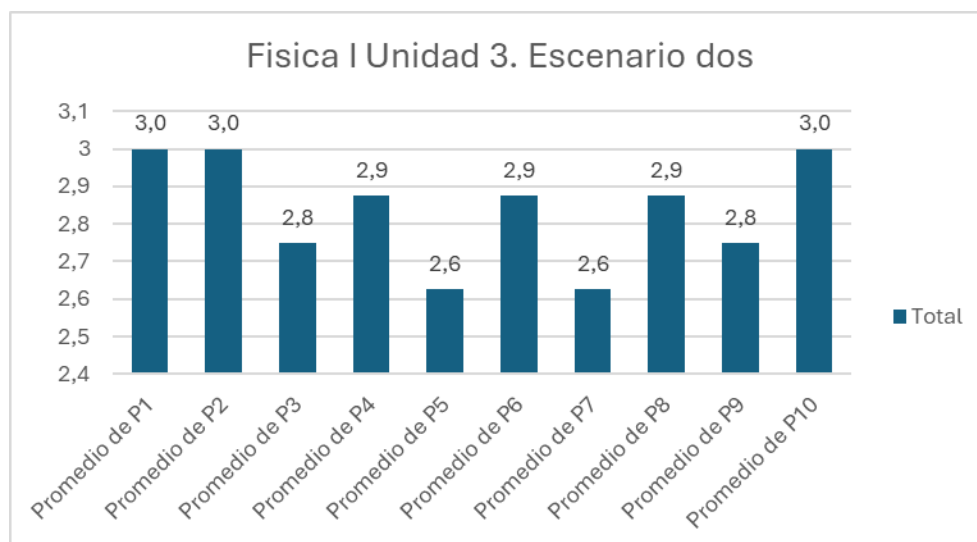
Figura 17. *Evaluación Escenario 1*



Nota. Evaluación del escenario uno (1) por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se evidencia la evaluación del escenario 2 con un promedio básico, se debe aclarar que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

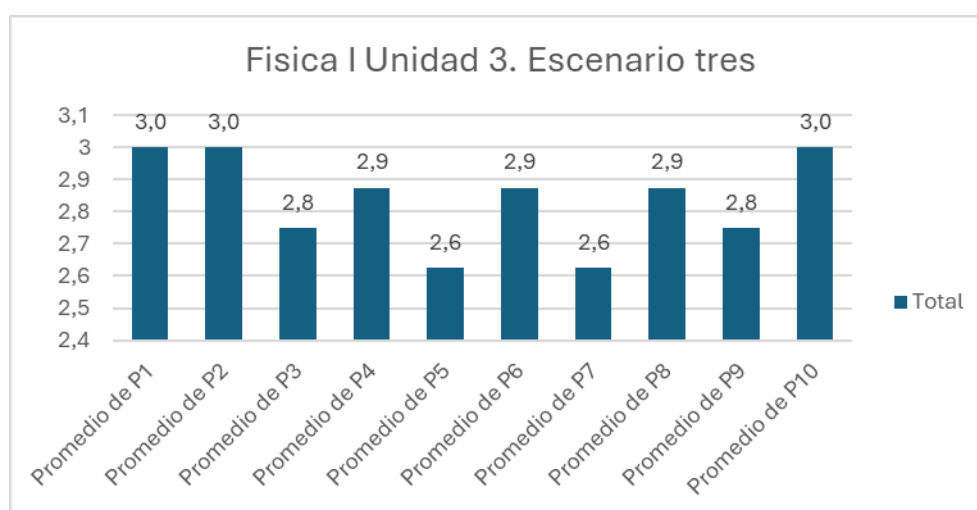
Figura 18. *Evaluación escenario dos*



Nota. Evaluación del escenario dos por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 19 se evidencia la evaluación del escenario 3 con un promedio básico, se debe aclarar que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

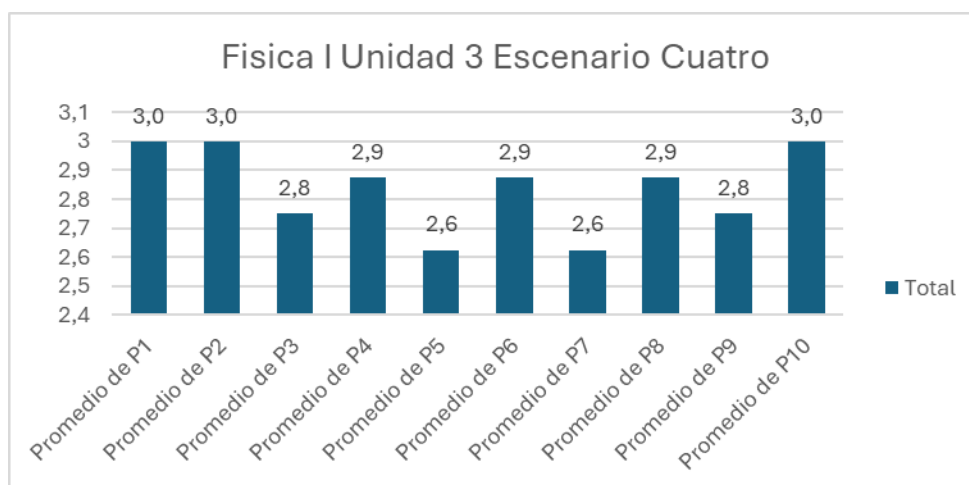
Figura 19. *Evaluación escenario tres*



Nota. Evaluación del escenario tres por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 20 se evidencia la evaluación del escenario 4 con un promedio básico, se debe aclarar que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

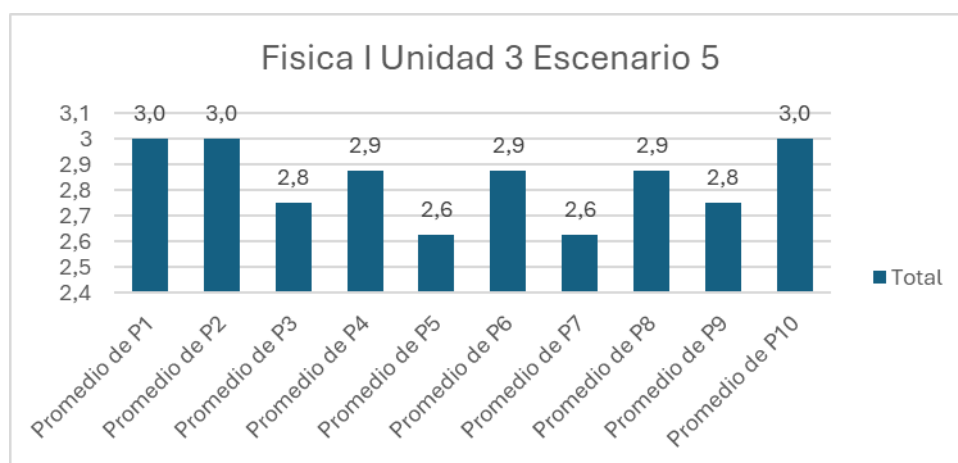
Figura 20. Evaluación escenario cuatro



Nota. Evaluación del escenario cuatro por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 21 se evidencia la evaluación del escenario 5 con un promedio básico, se debe aclarar que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

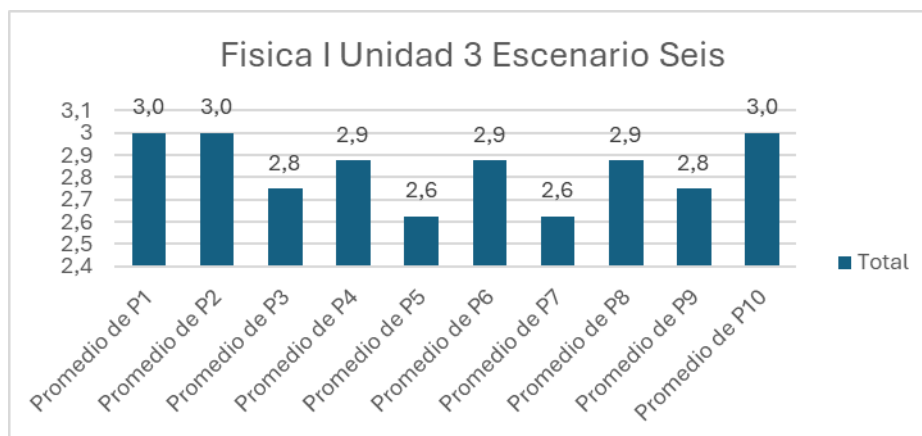
Figura 21. Evaluación escenario Cinco



Nota. Evaluación del escenario Cinco por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 22 se evidencia la evaluación del escenario seis con un promedio básico, se debe aclarar que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

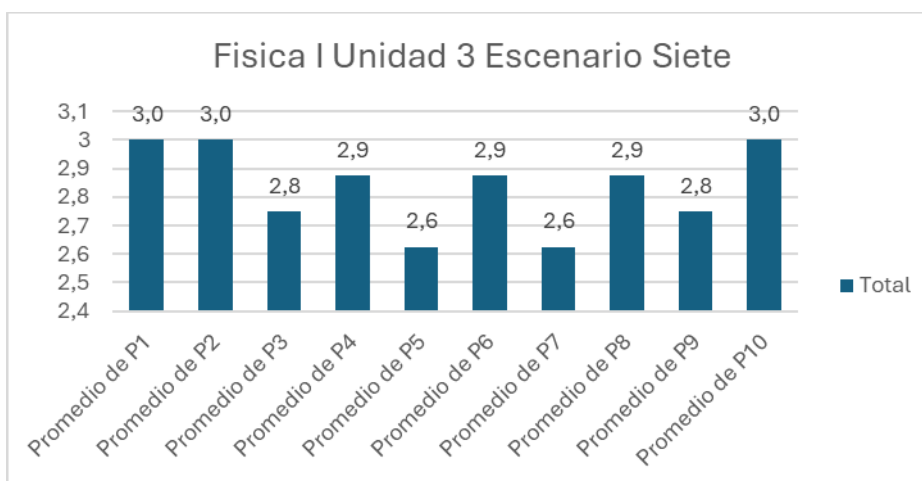
Figura 22. *Evaluación escenario seis*



Nota. Evaluación del escenario seis por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 23 se evidencia la evaluación del escenario 7 con un promedio básico, se debe aclarar que para el momento de la ponderación hacía falta ajustes que para la terminación del libro ya se han realizado.

Figura 23. *Evaluación escenario Siete*



Nota. Evaluación del escenario Siete por parte de cada una de las personas involucradas.
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

En la investigación realizada, uno de los desafíos principales específicos para los estudiantes es la dificultad en relacionarse con los conceptos abstractos detrás de las leyes de Newton. Los hallazgos llevaron a la conclusión de que las simulaciones visuales y las actividades prácticas en los módulos interactivos son fundamentales al momento de intentar simplificar la comprensión entorno a los principios básicos antes mencionados, la inercia, fuerza y reacción. Aplicaciones creadas específicamente para convertir los conceptos en experiencias, a través de un proceso de aprendizaje activo y útil.

Tanto aprendices como profesionales resaltaron en las entrevistas efectuadas, la significancia de disponer de la opción de modificar elementos esenciales como masa, fuerza y aceleración en el entorno de simulaciones. Este descubrimiento enfatiza la importancia de crear un sistema flexible y controlable, que posibilite apreciar en tiempo real como estas modificaciones influyen en la implementación de las leyes de Newton. La flexibilidad de estas capacidades contribuye a una comprensión más profunda y practica al facilitar a los usuarios el análisis directo de los efectos de cada variable en el comportamiento de los objetos simulados.

El desarrollo del diagrama de clases fue necesario para la estructuración y esquematización de los elementos principales del sistema. Esto permitió que los atributos y funciones que cada parte del entorno virtual debía tener fueran precisos en relación con un diseño organizado para fines educativos. También sirvió como guía para confirmar si se había logrado la operatividad y la unidad en la diversidad del sistema para sentar una base sólida en relación con la creación de cualquier entorno virtual productivo.

La evaluación de los diagramas de implementación y de los de caso de uso, puso de manifiesto la urgente necesidad de disponer una arquitectura avanzada que pudiera llevar a cabo simulaciones en tiempo real y que sean interacciones sencillas e intuitivas para el usuario. Por tal motivo se llevó a cabo la creación de un sistema robusto y eficaz que se adaptara de forma dinámica a las modificaciones introducidas en la simulación

sin menoscabar su rendimiento. El diseño fue capaz de ofrecer una experiencia interactiva y envolvente y responder a ella para promover el aprendizaje solo basándose en la exploración. Durante el desarrollo, pudimos utilizar todo lo que planeamos, incluidas funciones que permiten a los usuarios ver los principios de las leyes de Newton en situaciones reales y tangibles. Esta clasificación no solo nos ayudó a lograr los objetivos originales del proyecto, sino que también nos permitió identificar áreas y funciones a mejorar en relación con otras cosas, especialmente para un uso mejor y más eficiente. Además, probamos el rendimiento bajo diferentes niveles de carga durante el desarrollo, lo que nos permitió mejorar la velocidad y mejorar las características del módulo.

Gracias a estos esfuerzos, pudimos crear una unidad sólida, estable y completamente funcional, lista para ser instalada en entornos educativos. Este proyecto no sólo representa un hito importante, sino que también sienta las bases para el crecimiento futuro en otras áreas de la ciencia. Los experimentos han demostrado ser una herramienta poderosa para probar ideas complejas y estamos entusiasmados de ampliar su alcance en un futuro próximo, llevando estas innovaciones a nuevas áreas del conocimiento.

Referencias Bibliográficas

- Akpan, J. P., & Strayer, J. (2010). Which comes first the use of computer simulation or dissection? *Electronic Journal of Science Education*, 10(1).
<https://ejrsme.icrsme.com/article/view/7752>
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. *FabLearn Conference*.
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2460625.2460630>
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
<https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>

- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1167311>
- González Suárez, E. (2006). Conocimiento e información científicos. *ACIMED*, 14(6), 1-10. Universidad de la Amazonia. (2010). 9900020 FÍSICA I. Florencia.
- Hennessey, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deane, R., & Brawn, R. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 98-110. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2729.2006.00215.x>
- Honey, M. A., & Hilton, M. (Eds.). (2011). Learning science through computer games and simulations. National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13078/learning-science-through-computer-games-and-simulations>
- Jong, T. de, & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201. <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/00346543068002179>
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 38(3), 7-es. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131515001311?via%3Dihub>
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475210000319?via%3Dihub>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131513002108?via%3Dihub>

- Pellas, N., & Kazanidis, I. (2015). On the value of Second Life for students' engagement in a virtual learning environment. *Computers in Human Behavior*, 27, 116-124. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1013184611077>
- Pyatt, K., & Sims, R. (2012). Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: Attitudes, performance and access. *Journal of Science Education and Technology*, 21(1), 133-147. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-011-9291-6>
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131511001758?via%3Dihub>
- Wieman, C. E., & Perkins, K. K. (2005). Transforming physics education. *Physics Today*, 58(11), 36-41. <https://doi.org/10.1063/1.2155756>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682-683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulatives: Investigating the effects of simulation and experimentation on students' conceptual understanding. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475210000319?via%3Dihub>