

# Conocimiento en acción: una propuesta para aprender “choque” a partir de un videojuego

Knowledge in action: a proposal to learn physics from a video game

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Milagros Paoletti<sup>1</sup>, Daiana García<sup>1</sup>, Andrea Miranda<sup>1</sup> y Graciela Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Pinto 399, Tandil, Buenos Aires. Argentina.

E-mail: milagros.paoletti@gmail.com

## Resumen

En este trabajo se presenta un estudio sobre las interacciones digitales, sociales y cognitivas que suceden en una clase de Física 1 de la carrera de Licenciatura en Física cuando los estudiantes de a pares interactúan con un videojuego de billar. El objetivo de la propuesta es aplicar los conocimientos de las leyes físicas relativas al tema “choque”, realizar predicciones y compararlas con los resultados obtenidos. Se registran en lápiz y papel las jugadas previstas y resultantes, y sus explicaciones. Además se graban las acciones en pantalla y los diálogos del par de estudiantes. El análisis de los diálogos y las acciones permitió identificar argumentos referidos a la relación entre las nociones impulso y cantidad de movimiento y la influencia de la tecnología en estos procesos. Se pudo identificar una tensión entre las ideas de los estudiantes y el modelo de la simulación, evidenciándose en los modos de negociación y atribución de significados.

**Palabras clave:** Aprendizaje de la física; Choque; Interacciones digitales; Innovación; Educación Superior.

## Abstract

This paper presents a study of the digital, social and cognitive interactions that occur in an introductory physics course of the Bachelor's Degree in Physics when students interact in pairs with a video game of billiards. The objective of the instructional proposal is to apply the knowledge of the physical laws related to the subject "collision", to make predictions and to compare them with the results obtained. The predicted, resulting plays and explanations were recorded in pencil and paper. It were recorded the actions in screen and dialogues between students. The analysis of the dialogues and the actions allowed identifying the arguments about the relation between impulse and momentum. In addition, it was investigated the influence of technology on these processes. A tension between the students' ideas and the simulation model was identified, through evidences in the modes of negotiation and attribution of meanings.

**Keywords:** Learning of physics; Collision; Digital interactions; Innovation; Higher Education.

## I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone el estudio de los modos de integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a las prácticas educativas. Se analizan dos dimensiones que involucran al sujeto que aprende, por un lado las interacciones que realiza con el conocimiento disciplinar y, por el otro, las interacciones con los componentes digitales.

Se encuadra en un proyecto que plantea indagar sobre los efectos de integrar tecnología, en particular videojuegos, en clases de Física de primer año, de carreras de Ciencias Exactas.

Los entornos virtuales altamente interactivos (Aldrich, 2009), como los videojuegos, las simulaciones y los mundos virtuales, han cobrado interés en el ámbito educativo por ser instrumento de extensión y amplificación de la mente. Facilitan el estudio de fenómenos físicos y la resolución de problemas porque ayudan a disminuir la carga cognitiva requerida.

Salinas (2004) sostiene que para integrar TIC en los procesos de formación de los estudiantes en las instituciones de nivel superior se necesita flexibilizar las metodologías de enseñanza. Al mismo tiempo, el autor propone que este cambio se realice acompañado de una resignificación de los roles de los partici-

pantes del proceso educativo, que el profesor ya no ocupe un rol meramente transmisor, ni el estudiante un rol de receptor, sino que ambos adopten un rol activo en la construcción de conocimientos. Propone que esto no puede llevarse a cabo si no tienen lugar procesos de innovación que incorporen nuevos enfoques de enseñanza.

A efectos de estudiar los procesos de aprendizaje mediados por videojuego e interacciones digitales y cognitivas de los estudiantes se adaptó e implementó una propuesta didáctica sobre las leyes del choque bidimensional con el juego *3D Billiard Art* (Santos, 2016) para la materia Física 1 de la carrera de Licenciatura en Física. Se indaga sobre los procesos cognitivos de los estudiantes durante el juego y las estrategias que utilizan.

## II. VIDEOJUEGOS EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

La sociedad ha sufrido grandes transformaciones en los últimos años, cambios en todos los campos que la componen. El advenimiento de nuevas formas de comunicación y manejo de la información generan demandas particulares a los futuros profesionales. Aquí nos referiremos a los que adquieren su formación en instituciones universitarias.

Sin embargo, la bibliografía señala que en la enseñanza universitaria predominan enfoques de enseñanza tradicionales, y que la metodología de formación de profesionales no dista mucho de la formación otorgada a los estudiantes por más de dos generaciones atrás (Díaz Barriga, 2005; Guzmán, 2011).

Zabalza (2011), describe que la didáctica universitaria ha sufrido transformaciones en sus teorías en los últimos años, atendiendo a las nuevas demandas de quienes deben ser formados, y por lo tanto de quienes deben formarlos. El autor sostiene que para responder a las demandas actuales debe pensarse la formación de los profesionales desde el enfoque de "aprendizaje a lo largo de toda la vida". Se entiende que el aprendizaje debe permitir una formación que abarque todas las dimensiones del desarrollo humano (valores, significados, habilidades, etc.). Esto implica centrar la enseñanza en el estudiante, otorgándole un rol activo, y además resignificar el rol del profesor que históricamente ha sido un transmisor de información.

Por tal motivo, surge la necesidad de pensar en procesos de innovación que atiendan a los nuevos requerimientos de la sociedad actual. Algunos autores señalan que tal innovación debe pensarse desde dos factores importantes: la incorporación de nuevos recursos educativos, principalmente tecnológicos; y las transformaciones de los enfoques de enseñanza, de modo que se supere la instrucción tradicional (Área Moreira, 2005; Cámara y Giorgi, 2005; Da Cunha y Lucarelli, 2005).

En la última década ha aumentado el interés en investigaciones sobre el uso de juegos serios<sup>1</sup> en la educación en ciencias (Cheng y otros, 2015; Osterweil, 2012; Bouciguez y otros, 2014). Se utilizan juegos de deportes, aventura y rol, y aparecen como recursos para la construcción del conocimiento, principalmente para el aprendizaje interdisciplinario. Al jugar en un ambiente virtual se ponen en acción procesos cognitivos como identificar el problema, formular hipótesis, explorar, probar para finalmente tomar una decisión a fin de resolver el problema. Osterweil (2012) ha señalado que los videojuegos promueven el pensamiento sistémico.

Un estudio sobre las preferencias de 229 estudiantes de carreras de ingeniería (Bouciguez y otros, 2014) mostró que los estudiantes pasan mucho tiempo jugando con los videojuegos; las mujeres juegan menos; los varones tienen mayor preferencia por juegos deportivos de simulación, de acción o estrategia; tanto mujeres como varones tienen experiencia en juegos casuales y deportivos, fáciles de aprender, con narrativa simple y gráficos 3D más realistas.

Entre las propiedades educativas de los videojuegos se pueden mencionar la representación dinámica de los fenómenos complejos; la interacción entre los objetos digitales y su explícita visualización; la representación de las relaciones y procesos, fomentando la comprensión del concepto subordinado; la retroalimentación inmediata, el control de las variables y la relación entre las representaciones textuales, icónicas, algebraicas y gráficas que permiten al jugador hacer hipótesis, probar ideas y tomar decisiones. Proporcionan un contexto para el pensamiento donde concurren aprendizaje y entretenimiento (Rose y otros, 2016).

---

<sup>1</sup> Los videojuegos serios se definen como "un entorno de aprendizaje interactivo atractivo que cautiva al jugador, ofreciendo retos que requieren creciente nivel de maestría" (Balasubramanian and Wilson, 2006).

### III. JUEGO Y APRENDIZAJE. UNA PROPUESTA

Se diseñó, teniendo en cuenta la relación entre videojuegos y aprendizaje que se mencionó anteriormente, una propuesta didáctica basada en el juego de simulación *Billiard Art*<sup>2</sup>. Los alumnos de Física 1 de la carrera de Licenciatura en Física ponen en práctica determinados conceptos físicos, favoreciendo así una mayor comprensión de los mismos.

*Billiard Art* es un videojuego que se puede utilizar como un recurso para estudiar el choque entre dos cuerpos. Es un simulador de billar (Figura 1) con varias mesas de *Arcade* de geometría variable, que utiliza moderna tecnología de escenas 3D y minimiza el uso de recursos gráficos empleando un potente algoritmo anti-*aliasing* para el taco y bolas. Se puede jugar en el modo entrenamiento, contra el ordenador o con otros jugadores en la misma PC (Santos, 2016).



FIGURA 1. Imagen del juego *Billiard Art*.

Para implementar la propuesta didáctica en el aula de Física 1, inicialmente el docente explica a los alumnos en qué consiste la actividad y entrega el enunciado escrito con preguntas orientadoras (ver Anexo I). Se deja un tiempo para que los estudiantes prueben el simulador y puedan realizar la correspondiente apropiación de la herramienta.

La actividad está pensada para que la realicen de a pares, construyendo una producción conjunta de las respuestas. En la primera etapa, los alumnos deben configurar el simulador y reconocer las diferentes instancias y posibilidades del juego. En la segunda, se les propone realizar dos jugadas, para las cuales tienen que predecir el movimiento de las bolas antes de realizar el tiro. Aquí se ponen en juego los conocimientos sobre la segunda ley de Newton, impulso, cantidad de movimiento y energía. En la tercera etapa, los alumnos responden preguntas relacionadas con lo trabajado, estableciendo una relación explícita entre los contenidos teóricos sobre el tema y lo ocurrido con el simulador.

La intencionalidad didáctica con esta actividad es ofrecer herramientas que colaboren en la comprensión de los conceptos involucrados y la construcción de nuevos esquemas para interactuar con una simulación.

El objetivo de la propuesta es aplicar las leyes físicas relativas al tema “choque” para el análisis de las situaciones simuladas por el videojuego, realizar predicciones sobre posibles resultados utilizando sus conocimientos sobre Física, comparar los resultados obtenidos con sus predicciones y establecer correspondencias. Para lo que se espera que identifiquen y argumenten si el choque es elástico o inelástico, analicen el tipo de trayectoria seguido por las bolas, como así también los ángulos de incidencia y rebote de cada una de ellas. Además, se espera que puedan caracterizar el fenómeno a partir de aplicar de las leyes de conservación de la cantidad de movimiento y energía.

<sup>2</sup> Elaborado por la empresa publicadora de juegos casuales gratuitos *MyPlayCity, Inc.* ([http://www.myplaycity.com/es/billiard\\_art/](http://www.myplaycity.com/es/billiard_art/)).

#### IV. METODOLOGÍA

La propuesta se implementó con diez estudiantes de la cátedra Física 1, en dos horas reloj de clase práctica, a modo de síntesis y profundización de los contenidos abordados sobre choque de partículas en las clases previas.

Cada par de estudiantes se constituyó en un caso de estudio, conformando 5 casos en total. Como se comentó anteriormente, el trabajo se planteó de a pares para promover el diálogo durante la sesión de trabajo, permitiendo obtener el registro de los intercambios de interpretaciones, argumentos y opiniones sobre lo que veían o hacían.

Las acciones en pantalla y los diálogos se registraron de manera integrada con el software *Freez Screen Video Capture*<sup>3</sup>. El procesamiento de los registros (audio y video) se realizó con el software *Transana*<sup>4</sup>. Este software permite transcribir los diálogos, clasificar y agrupar las intervenciones, identificar episodios de interés, asignar palabras claves y estudiar las relaciones entre ellas.

Durante la transcripción de los diálogos se incluyeron además las acciones realizadas en pantalla, para lo que se requiere conocer previamente la interactividad ofrecida por la interfaz del videojuego. En la tabla I se presenta una lista de las acciones en pantalla que se pueden realizar y los códigos definidos para construir la sintaxis de interacción. La sintaxis de interacción es la secuencia de acciones realizada por el sujeto en pantalla.

En la etapa siguiente, con el objeto de tornar manipulables los datos, se definieron turnos de habla e interacción con el videojuego considerando quién de los participantes toma el mouse a cada momento. Luego se identificaron las siguientes acciones perturbadoras de la actividad: inicio y fin de actividad, lectura de preguntas, cambio de jugador (cuál tomaba el control del videojuego), cambio de estrategia, intervención del docente, visualización de nuevos elementos interactivos, a partir de las cuales se establecieron los episodios de interacción (Mortimer y otros, 2007).

---

<sup>3</sup> <http://www.smallvideosoftware.com/download.php>

<sup>4</sup> <http://www.transana.org/>

TABLA I. Categorías de *Acción* identificadas en la interacción con el entorno.

Acción en pantalla	Código de acción
Selecciona HELP	<SH>
Clic del mouse	<C>
Selecciona NEW GAME	<SNG>
Selecciona CANCELAR	<SC>
Selecciona PREFERENCIAS	<SP>
Elige ambiente para jugar (ROOMS)	<R1> <R2> <R3> <R4>
Elige jugador (PLAYER)	<J1> <J2> <J3> <J4> <J5> <J6>
Selecciona OK	<SO>
Selecciona TABLE/BALLS	<STB>
Elige mesa (TABLE)	<M1> <M2> <M3> <M4> <M5> <M6> <M7> <M8> <M9> <M10>
Elige FRICCION (baja – media – alta)	<FB> <FM> <FA>
Elige ROUGHNESS (baja – media – alta)	<AB> <AM> <AA>
Elige BALL SIZE (bajo – medio – alto)	<BB> <BM> <BA>
Elige BALLS (tipo de bola)	<B1> <B2> <B3> <B4> <B5> <B6> <B7>
Selecciona RULES	<SR>
Elige DIFICULTAD (profesional – medio – fácil)	<DP> <DM> <DE>
Elige CANTIDAD (de pelotitas para jugar)	<C8> <C9> <C3> <C14> <CSooker>
Selecciona TWO PLAYERS	<STP>
Presiona TAB	<TAB>
Presiona O y selecciona PLAY MUSIC	<O><SPM>
Presiona O y selecciona HIGH DETAILS	<O><SHD>
Presiona O y selecciona SHOW ROOM	<O><SSR>
Presiona ESC	<Esc>
Selecciona CLOSE GAME	<SCG>
Selecciona TRAINING	<ST>
Selecciona RESTART GAME	<SRG>
Presiona A (above view)	<A>
Presiona backSpace (UNDO)	<BackSpace>
Presiona ENTER	<ENTER>
Presiona ZOOM	<Z>
Movimientos que realiza con la pelota para ubicarla en la posición inicial	P -> [ ]
Movimientos que realiza con el taco para encontrar la posición deseada o para brindarle el impulso necesario	T -> [ ]
Turned off	<F2-1>
Direction help	<F2-2>
Bounce help	<F2-3>
Sight ball help	<F2-4>

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Se propone identificar las estrategias de juego utilizadas con más frecuencia por los estudiantes. Este análisis se realiza a partir de una puesta en diálogo entre la experiencia que tengan (mesa de billar), la simulación (juego) y los principios pedagógicos de aprender haciendo y aprender junto a otros. Se espera que al interactuar con el videojuego, luego de la clase en la que se aborda el concepto de choque, las estrategias de juego estarán influenciadas por el aprendizaje de los conceptos físicos que hayan logrado los estudiantes, favoreciendo una mayor comprensión del tema.

A partir del análisis de las respuestas se encuentra que:

1. Antes del impacto, la mayoría de los estudiantes asocia el impulso al taco. Se utilizan conceptos como impulso, energía, y fuerza como sinónimos (Fig. 2).

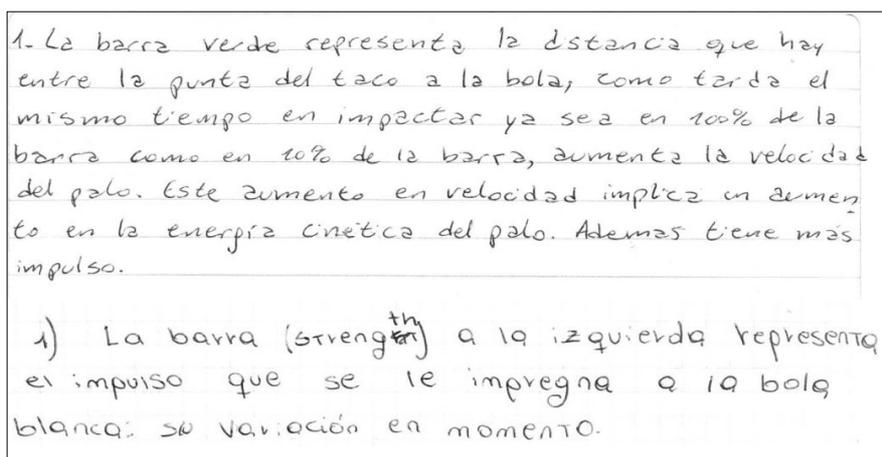


FIGURA 2. Respuestas de los estudiantes acerca del concepto de impulso.

2. Cuando se les solicita que identifiquen las fuerzas que intervienen en la jugada mencionan fuerza de rozamiento, peso y normal. Algunos mencionan que las fuerzas peso y normal se anulan y otros “no las consideran”. Es decir, piensan que en la dirección normal a la superficie no hay movimiento porque las fuerzas se anulan. El rozamiento es considerado porque afecta a la velocidad (Fig. 3).

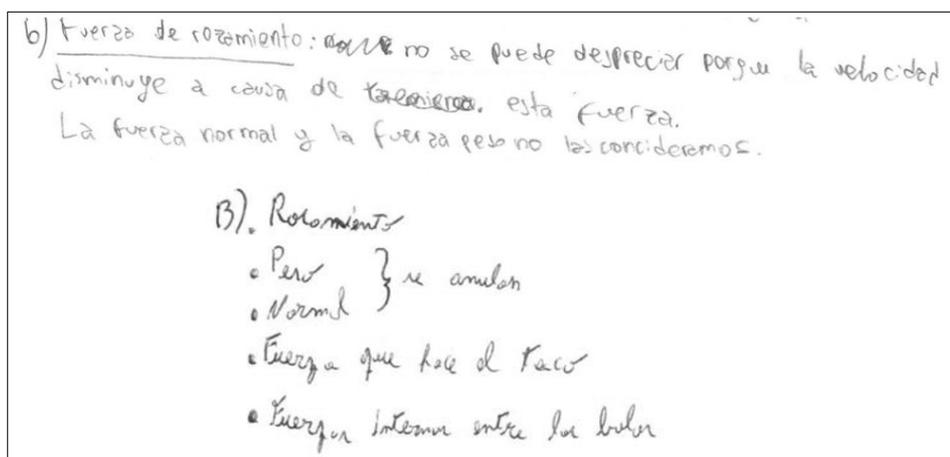


FIGURA 3. Respuestas de los estudiantes respecto de las fuerzas intervinientes.

3. La mayoría de los estudiantes reconoce el choque elástico entre dos bolas y que se conserva la cantidad de movimiento y la energía (Fig. 4). Mientras que sostienen que es inelástico el choque de una bola con la banda porque no se conserva la energía ni la cantidad de movimiento, asociándolo a las pérdidas de energía por rozamiento con la banda.

C - AL MOMENTO DE CHOCAR DOS BOAS, EL CHOQUE ES ELÁSTICO PORQUE LA ENERGÍA SE CONSERVA. EN CAMBIO, CUANDO LA BOLA IMPACTA CON ALGUNA DE LAS BANDAS, EL CHOQUE ES INELÁSTICO (DE PRIMERA CLASE), YA QUE PARTE DE LA ENERGÍA SE TRANSFIERE A LA BANDA.

C) TIENE LUGAR EL CHOQUE ELÁSTICO. ESTO SE VERIFICA YA QUE SE PUEDE OBSERVAR SOLO LAS FUERZAS INTERNAS ENTAN EN ACCIÓN DURANTE EL CHOQUE Y EL MOMENTO SE CONSERVA. LAS PARTÍCULAS (BOAS) QUE INTERACTÚAN SON IGUALES, POR LO TANTO HAY CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN EL SISTEMA.

- TIENE LUGAR EL CHOQUE INELÁSTICO CUANDO LA PARTÍCULA CHOCA CON LA BANDA, YA QUE ESTA ABSORBE ENERGÍA EN EL CHOQUE Y EL MOVIMIENTO NO SE CONSERVA.

FIGURA 4. Respuesta de los estudiantes acerca del concepto de choque.

4. No se encuentra una regularidad en las respuestas de los estudiantes respecto de las ecuaciones necesarias para representar la situación modelada. Aparecen diversidad de expresiones como se observan en la Fig. 5.

$E_{K \text{ FINAL}} \neq E_{K \text{ INICIAL}}$   
NO SE CONSERVA

$P_f \neq P_i$   
EL MOMENTO NO SE CONSERVA

⊖  $I = F \cdot t$   
-  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$   
-  $W = \Delta \frac{1}{2} m \cdot v^2$   
-  $W_m = E_k + E_p$

E) ~~Conservación~~ Conservación del momento  
 $m_{\text{Bola}} \cdot v_0 = m_{B1} \cdot v_1 + m_{B2} \cdot v_2 + m_{B3} \cdot v_3 + m_{B4} \cdot v_4$

$E_k = \frac{1}{2} m_{\text{Bola}} \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} m_B \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_B \cdot v_2^2 + W_{Fr}$

FIGURA 5. Respuesta de los estudiantes acerca de las leyes de conservación.

5. Los estudiantes hacen reflexiones sobre la relación entre el ángulo de incidencia y el de rebote, identificando que ambos deben ser iguales, pero no explican por qué. Se muestran ejemplos en la Fig. 6.

F) con el mismo ángulo con el que le pegás, va a ser el mismo pero en la dirección opuesta.

G) la bola sale con el mismo ángulo con el que impactó



FIGURA 6. Respuesta de los estudiantes acerca de la relación de los ángulos implicados en el choque.

## VI. A MODO DE EJEMPLO: LAS INTERACCIONES DIGITALES EN UN CASO

El análisis de los diálogos registrados (dialógico y de actuación) permitió identificar argumentos referidos a la relación entre las nociones *impulso* y *cantidad de movimiento* y la influencia de la tecnología en estos procesos.

Este par de alumnos realizó la actividad en una hora y cuarenta minutos, pudiéndose establecer una secuencia de 15 segmentos de interacción definidos por las siguientes perturbaciones: *inicio y fin de actividad, lectura de las preguntas propuestas, cambio de jugador (quién tomaba el control del videojuego), cambio de estrategia, intervención del docente, visualización de nuevos elementos interactivos*.

Con base en las secuencias de acciones desarrolladas durante la actividad, y considerando la naturaleza comunicativa de las interacciones digitales, sociales y con el contenido, se definieron cuatro momentos de interacción que dan cuenta de la dinámica de significación en estos espacios: *Exploración, Descripción, Prueba y Síntesis explicativa* (Miranda, Santos, Stípich, 2013).

*Momentos de Exploración:* predomina la exploración y el reconocimiento de la funcionalidad de la herramienta, no se advierte una descripción sistemática del fenómeno. Por ejemplo, en una secuencia de exploración se pudieron observar las siguientes acciones: inician el juego; eligen el ambiente; eligen el personaje; seleccionan la mesa y la fricción; varían la aspereza y el tamaño de las bolas; eligen el tipo de bola y vuelven a seleccionar la mesa; vuelven a elegir el tipo de bola; vuelven a elegir tipo de mesa; configuran la dificultad; eligen la cantidad de bolas con las que jugar; eligen la posición de la pelota en *Hou-se*. De los diálogos se puede deducir cómo a través de la exploración de las posibilidades se van involucrando con la situación de manera lúdica. También al definir los parámetros comienzan a debatir sobre conceptos como la fricción.

*Momentos de Descripción:* se explicitan percepciones iniciales. Se detallan ciertas características de lo observado y se habla de lo que la simulación (videojuego) ofrece a nivel icónico. Los argumentos no incluyen aún debates sobre choque. A continuación se mencionan algunos ejemplos. Al establecer la configuración que se les ha indicado en la actividad, para representar condiciones normales, marcan la fricción en el punto medio de la barra deslizante; hablan del círculo que indica dónde impactará la pelota blanca (*Sight Ball*); hacen referencia a otro jugador que aparece en la opción entrenamiento; eligen la vista desde arriba para ver mejor la jugada; comentan sobre lo que representaría el indicador del impulso que ejerce el taco sobre la bola y mencionan el tope como el máximo de “*fuerza*”; debaten sobre cómo posicionar el taco, su posición inicial, los movimientos que pueden realizar; a qué distancia de la bola ubicarlo y qué significa “*pegar de lejos o de cerca*”; descubren un elemento que les ayuda a ver la dirección y la trayectoria que seguirá la bola blanca (*Direction help*). Durante esta etapa se reconocen algunos de los elementos interactivos que colaboran en la predicción y ejecución de las jugadas y se comienzan a elaborar enunciados sobre los parámetros iniciales como fuerza, trayectoria, distancia, etcétera.

*Momentos de Prueba:* se cotejan los datos asociados a las variables. Se contrastan las respuestas de la simulación con los conocimientos ya estudiados en las clases previas. Se corroboran hipótesis o se hacen conjeturas sobre lo que va a ocurrir.

El videojuego simula el impulso del taco sobre la bola y permite que se modifique el valor mediante un procedimiento que asocia una barra indicadora (en porcentaje) de la distancia del taco a la bola objeto del choque (bola blanca). Lo que les lleva a inferir que a mayor distancia entre el taco y la bola, mayor tiempo de recorrido y entonces el taco adquiere mayor velocidad al momento del choque. A continuación se transcribe el debate en torno a este control y cómo reforzaría la asociación fuerza velocidad.

J1: “Pará. A ver. En realidad es como que vos por lo general, le aplicás la misma fuerza al taco pero cuando más distancia recorre más velocidad termina agarrando el taco. No es lo mismo pegarle cerquita que pegarle de lejos”.

J2: “Claro”.

J1: “Es como que vos estás haciendo la misma fuerza, vos al taco le hacés la misma fuerza pero cuando la tenés más lejos al taco, le aplicás la misma fuerza pero con más tiempo. Entonces le terminás imprimiendo más velocidad al taco”.

J2: “Depende del momento”.

Otro alumno: “No, porque si le pegás de más cerca va más despacito. Si hacés desde más lejos, el movimiento es más exagerado”.

J1: “No, pero es la misma fuerza pero más alargada en el tiempo. Como que”.

J1: “Y sí, si es más alargada en el tiempo, termina teniendo más velocidad el taco”.

Otro alumno: “Ah”.

J1: “Y cuanto más velocidad tenga el taco, más velocidad le va a imprimir a la pelotita”.

También en otra instancia del juego prueban con distintos ángulos y analizan cuál resulta más efectivo para embocar la bola en la tronera. Por ejemplo: “¿Qué está haciendo esto? ¿Por qué se mueve con el

mouse? Ah, ahí va... Dame el ángulo. Dame el ángulo que estoy haciendo. Ponele que pique ahí. Pará la fuerza. ¿Un tiro con dos fuerzas distintas cambia de trayectoria?"

O, a veces repiten jugadas para verificar o lograr que la jugada salga como esperan. En el siguiente diálogo se muestra un ejemplo.

J2: No pero, yo sigo probando de la misma forma en que lo había planteado.

J1: ¿Cómo de la misma forma? Si hacés el mismo tiro de la misma forma 20 veces va a salir el mismo tiro

J2: No, no, me refiero a con la misma idea

*Momentos de Síntesis explicativa:* se buscan causas o regularidades para explicar los hechos simulados, relacionarlos con leyes de comportamiento general y explicitarlos. Ocurre primero un trabajo de análisis e interpretación de lo que se observa (a un nivel perceptivo), de las respuestas del videojuego a las órdenes ingresadas por teclado o mouse y luego la comprensión del fenómeno simulado en el marco de la teoría física estudiada. A continuación se muestran, a modo de ejemplo, enunciados que describen lo que ocurre, incluyendo en algunos casos razonamiento causal:

- Representa la velocidad que le da al taco, por lo tanto la energía que le imprimís al sistema.
- Es como que vos estás haciendo la misma fuerza, vos al taco le hacés la misma fuerza pero cuando lo tenés más lejos al taco le aplicás la misma fuerza con más tiempo. Entonces le terminás imprimiendo más velocidad al taco.
- Cuanto más velocidad tenga el taco, más velocidad le va a imprimir a la pelotita
- Representa la velocidad que le da al taco, por lo tanto la energía que le imprimís al sistema
- En todo choque hay impulso, cuando choca contra la pared también hay impulso. Porque cambia de dirección así que cambia el momento.
- Yo me olvidé de contar la gravedad, pero claro, sí. Porque si no está la gravedad (...) Si no hay gravedad, no hay normal, no hay fricción

Se listan a continuación algunos obstáculos que condicionan la interacción con el videojuego y la resolución de las actividades propuestas:

- *Restart:* al seleccionar esta opción, la configuración por defecto del juego se inicia contra la máquina, dificultando la jugabilidad. Los alumnos no se dan cuenta que es por esto, por lo que cierran el juego y crean una nueva partida.
- *Repeticiones:* al momento de plasmar en el papel la jugada realizada en el simulador, no recordaban qué recorrido había hecho la bola y no tenían forma de recuperarlo.
- *Next ball:* este elemento interactivo, que sugiere a qué bola se le debe pegar, resultó ser un condicionante para los alumnos ya que armaron las jugadas dependiendo de la bola que se mostraba, aún en modo entrenamiento.
- *Coordenadas y ángulos:* la falta de información acerca de las coordenadas de la bola y el cuadrículado de la mesa de billar dificulta la predicción y la gráfica "exacta" de las jugadas propuestas. Lo mismo se planteó con los ángulos de los tiros.
- *Undo:* esta opción permite deshacer sólo la última jugada. Los alumnos requieren poder deshacer más de una jugada.
- *Tiro con mouse:* el uso del mouse para realizar el movimiento del taco en la jugada puede provocar tiros fallidos si el impulso seleccionado es 0%. Los alumnos no perciben esto y utilizan la opción de "Undo" para realizar nuevamente el tiro.

A continuación se presentan algunos ejemplos de los diálogos que permiten identificar los obstáculos antes mencionados.

"Vamos a probar de vuelta porque esto salió mal. Restart. Te dejo uno a vos"... "Lo puse en entrenamiento, ay dios, no. <Esc> <PCG> Close game."... Pará. A ver. Nuevo juego <SNG> entrenamiento <ST>. Te juro que está en entrenamiento"

"¿Qué hizo? Después como que vino por acá y"... "Se tendría que poder poner repetición."... "¿Cómo lo hicimos?"

"Ah, estoy obligado a pegar, a pegar a la azul T-> [-> <-> ->]"

"Está difícil manejarse en coordenadas porque, tendría que ser la mesa cuadrículada"

"Ahí tengo un ángulo de 90. Puedo calcular los ángulos"... "Si hago así como que lo puedo prolongar y decir que sigue, ¿o no? T-> [<-> <->]"... "Tipo, la distancia de acá a acá, es la misma distancia que de acá a acá, ¿o no?"

“¿Qué uso acá? ¿Qué está pasando? T → [← →] <BackSpace> ¿Puedo hacer más de un undo? <BackSpace> No, claramente no”  
“Eh, no. <TC> <C> T → <B 0%> <RTM> Se movió. Uuh. <BackSpace> T → [↑ ↓ → ←] <TC> <C> T → [B 100%] <C>”

Finalmente podemos destacar las facilidades que ofrece el videojuego para la construcción de conocimiento:

- Fomenta el desarrollo de conflictos cognitivos. Las situaciones de juego estimulan las discusiones verbales y permiten confrontar las ideas intuitivas con las formales que ofrece el sistema simulado.
- Ofrece posibilidades de observación y manipulación que colaboran en la construcción de las interpretaciones.
- Ofrece respuesta inmediata colaborando en la validación de hipótesis y en la negociación de significados.
- Posibilita la configuración de parámetros. Al establecer relaciones entre los parámetros y sus valores se profundiza la indagación sobre los aspectos conceptuales. La simbiosis simulación–contenido favorece la conceptualización.
- Algunas opciones como *Above View*, *Direction Help* y *Sight Ball* colaboran en la visualización de las jugadas y las ejecuciones.

Las estrategias de interacción que emplearon los estudiantes para explorar el videojuego y realizar las jugadas fueron: comprender *la relación entre velocidad e impulso cuando le pegan a una bola con el taco*, explicar el rebote con las paredes, explicar distintas situaciones de choque entre dos bolas, entre otras.

Las situaciones interactivas se van construyendo a medida que se explora y comprende la funcionalidad del videojuego. En este sentido, la exploración del contenido está restringida por la apropiación de la herramienta. A su vez, la potencialidad del videojuego como instrumento mediador de los aprendizajes se hace evidente cuando mayor es la comprensión del contenido.

## VII. COMENTARIOS FINALES

Los espacios de interacción en los que las relaciones estudiantes–contenido se explicitaron permitieron conocer la reconfiguración cognitiva que plantea la tecnología para el sujeto. Por ejemplo, espacios de elaboración de conjeturas y pruebas que permiten confirmarlas o refutarlas y espacios de elaboración de argumentos.

Los argumentos son elaborados con base en lo que el simulador representa y en los referentes conceptuales previos. La mayoría de las construcciones que buscan confirmar o refutar ciertas conjeturas comprometen a la interacción digital.

Se puede afirmar que las pruebas que realizan y sus anticipaciones generan una tensión entre el modelo científico estudiado y el modelo representado en la simulación, influyendo en los modos de negociación y atribución de significados.

El estudio desde la dimensión de interacción digital permite conocer cómo el videojuego promueve la construcción colaborativa de conocimiento y se convierte progresivamente en instrumento cuando puede ser utilizado para corroborar o desestimar hipótesis. Además se observó que, a medida que logran mayor familiaridad con el videojuego y avanzan en la interacción con el contenido, exigen nuevas posibilidades y encuentran aspectos perfectibles del modelo simulado.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) por el apoyo otorgado a Milagros Paoletti a través del Programa de Becas Estímulo a la Vocaciones Científicas EVC–2016.

Se agradece a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) por el subsidio otorgado (Resolución N° 243/16) en el marco del programa Proyectos de Innovación y Transferencia en Áreas Prioritarias de la Provincia de Buenos Aires (PIT-AP-BA).

## REFERENCIAS

Aldrich, C. (2009). Virtual Worlds, Simulations, and Games for Education: A Unifying View. *Innovate: Journal of Online Education*, 5(5), Article 1.

Area Moreira, M. (2005). *La educación en el laberinto tecnológico. De la escritura a las máquinas digitales*. Barcelona: Octaedro.

Balasubramanian, N., y Wilson, B. G. (2006). Games and simulations. En C. Crawford y otros (Eds.), *ForeSITE, Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2006*. Chesapeake, VA: AACE.

Bouciguez, M. J., Santos, G. y Abásolo, M. J. (2014). Towards the use of video games for learning: a survey about video games preferences of Engineering. *Journal of Computer Science & Technology*, 14(1), 25–31.

Cámara, C. y Giorgi, S. (2005). La potencialidad de las herramientas informáticas en la enseñanza de la física en carreras de ingeniería. En *Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Universidad Nacional de Cuyo*, San Rafael, Mendoza.

Cheng, M. T., Chen, J. H., Chu, S. J. y Chen, S. Y. (2015). The use of serious games in science education: a review of selected empirical research from 2002 to 2013. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 353–375.

Da Cunha, M. I. y Lucarelli, E. (2005). Innovación en el aula universitaria y saberes docentes: experiencias de investigación y formación que aproximan a Argentina y Brasil. Actas del *I Congreso de la Sociedad Argentina de Estudios Comparados en Educación*. 18–20 de noviembre, Ciudad de Buenos Aires.

Díaz Barriga, A. (2005). El profesor de educación superior frente a las demandas de los nuevos debates educativos. *Perfiles Educativos*, 27(108), 9–30.

Guzmán, J. (2011). La calidad de la enseñanza en educación superior ¿Qué es una buena enseñanza en este nivel educativo? *Perfiles Educativos*, 33, 129–141.

Miranda, A., Santos, G. y Stipcich, S. (2013). La dinámica de significación en el uso de applets en física. En Santos, G. y Stipcich, S., *Libro de actas del 1º Workshop Enseñanza de la Física en la Argentina: los desafíos de la investigación educativa y la formación docente*. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Mortimer, E. F., Massicame, T.; Buty, C. y Tiberghien, A. (2007). Una metodología para caracterizar os géneros de discurso como tipos de estrategias enunciativas nas aulas de ciências. En Nardi, R., *A pesquisa em ensino de ciência no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escrituras.

Osterweil, S. (2012). Los videojuegos deben formar parte del ecosistema educativo, MIT Technology Review en español. [http://www.technologyreview.es/read\\_article.aspx?id=40854](http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=40854) Sitio consultado el 26/06/2014.

Rose, J., O'Meara, J., Gerhardt, T. y Williams, M. (2016). Gamification: using elements of video games to improve engagement in an undergraduate physics class. *Physics Education*, 51(5), 055007.

Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. RUSC. *Universities and Knowledge Society Journal*, 1(1), 1–16.

Santos, G. (2016). Videojuegos y estrategias para enseñar Física. En Escudero, C. y Stipcich, S. (Comps.), *Pasaporte a la enseñanza de las ciencias: la modelización como eje organizador para la construcción de significados*. Ciudad autónoma de Buenos Aires: Centro de publicaciones educativas y material didáctico.

Zabalza, M. (2011). Nuevos enfoques para la didáctica universitaria actual. *Perspectiva*, 29(2), 387–416.

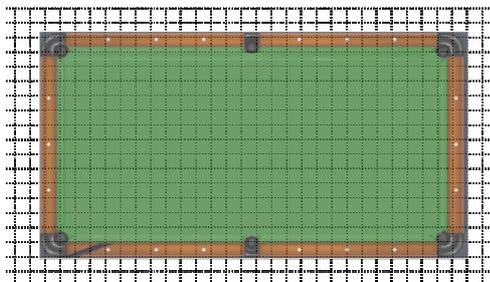
## ANEXO I

### TRABAJO PRÁCTICO: Choque entre Partículas

Te proponemos realizar las siguientes actividades utilizando el videojuego *Billiard Art*.

**Actividad 1:** conociendo la interfaz del videojuego.

- Selecciona una nueva partida “*New game*”.
  - Luego la opción *Rules*, que permite elegir la cantidad de bolas y la dificultad. Elige 3 Balls y la opción *Easy*.
  - Luego confirmar la elección con *OK* y nuevamente la opción Entrenamiento (*Training*).
  - Coloca la bola blanca en la posición de lanzamiento (*House*) y realiza una primera jugada para diseminar las tres bolas.
  - Representa la jugada resultante en el siguiente diagrama.
- Nota:** puedes probar otra vista de la jugada con la opción *Above View (Shift A)*



### Diseñando las jugadas

Luego de la exploración del videojuego te proponemos realizar las siguientes actividades:

#### Actividad 2

Explica con tus palabras qué representa la barra lateral de color verde, ubicada a la izquierda de la pantalla (*strength*), cuando se aprieta el botón izquierdo del mouse para accionar el taco.

#### Actividad 3

Realiza un esquema que represente dos jugadas diferentes a elección. Una en las que intervenga solamente el taco y la bola blanca **JUGADA A** y otra en la que intervenga el taco, la bola blanca y alguna de color **JUGADA B**.

Para ambas jugadas tener en cuenta lo siguiente:

- *En la jugada debe intervenir el choque con alguna banda lateral.*
- *El objetivo es embocar la bola en alguna de las troneras.*

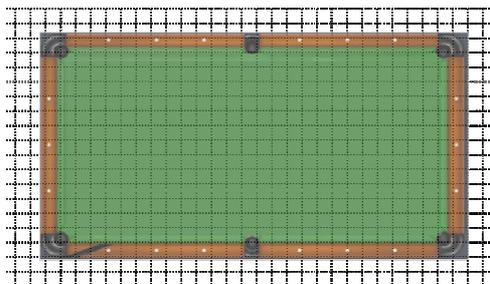
Para ambas jugadas se pide:

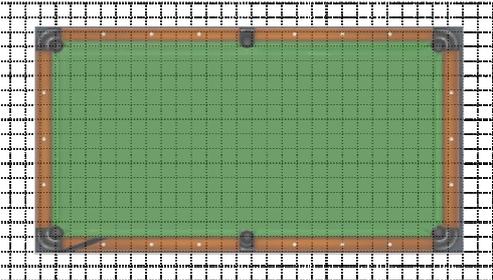
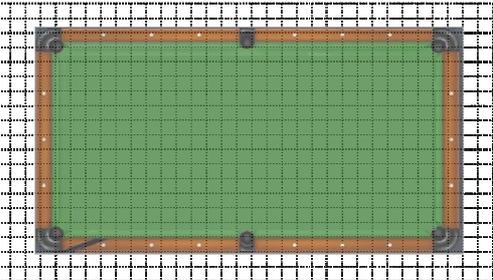
- Explicita qué tipo de jugada quieres lograr y con cuáles acciones lo lograrás.
- Anticipa posibles resultados.
- Representa la situación antes y después del choque.

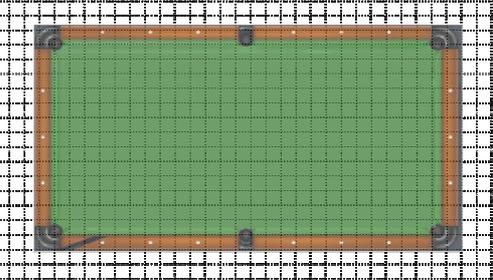
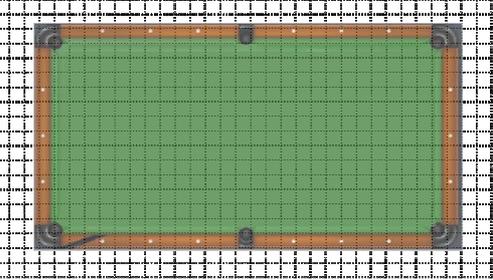
#### JUGADA A

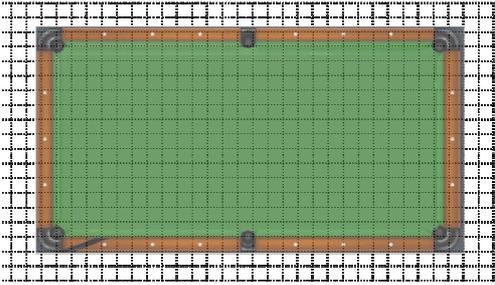
Explicita qué tipo de jugada quieres lograr y con cuáles acciones lo lograrás.

Representa la jugada.



<p>Anticipación del resultado</p>	
<p>Representa como resultó en el simulador la jugada que aplicaste.</p>	
<p>Explica en detalle los resultados y en qué medida se cumplió o no lo anticipado. Es decir, ya sea que haya o no resultado lo anticipado.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

<p><b>JUGADA B</b></p>	
<p>Explicita qué tipo de jugada quieres lograr y con cuáles acciones lo lograrás.</p>	
<p>Representa la jugada</p>	
<p>Anticipación del resultado</p>	

<p>Representa como resultó en el simulador la jugada que aplicaste.</p>	
<p>Explica en detalle los resultados y en qué medida se cumplió o no lo anticipado.</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

**Actividad 4**

Responder a las siguientes preguntas:

- a. Identifica en qué momento del juego aparece el concepto de impulso.
- b. Identifica qué fuerzas intervienen en el juego.
- c. ¿Qué tipo de choque tiene lugar? Justifica.
- d. Analiza el resultado de la jugada considerando la conservación de la cantidad de movimiento y la energía cinética. Explica en base a los conceptos físicos involucrados, la jugada que ha sido simulada.
- e. Escribe las ecuaciones que representen la situación modelada.
- f. Explica a qué se debe la trayectoria que describen las bolas luego del choque comparando los ángulos antes y después de la colisión.

---

---