Afectación de la jugabilidad en simuladores de realidad virtual para entrenamiento de cirugía laparoscópica asociado a dispositivos Gamepad

Jugability impairment in virtual reality simulators for laparoscopic surgery training associated with Gamepad devices

Helder Yesid Castrillón Cobo¹, Santiago Ceballos², Cristian Quinayas²

¹ Docente investigador, *ingeniera de Sistemas, TIC Unicomfauca, Unicomfauca, Cl 4 N° 8-30, Popayán, Colombia.*
hcastrillon@unicomfauca.edu.co

² Egresado, *ingeniera de Sistemas, TIC Unicomfauca, Unicomfauca, Cl 4 N° 8-30, Popayán, Colombia.*
santiagoceballos@unicomfauca.edu.co, cristianquinayas@unicomfauca.edu.co

Recibido: 15/ago/2019 – Revisado: 30/sep/2019

Aceptado: 30/oct/2019 – Publicado: 30/jun/2019

Resumen Las interfaces de entrada para juegos (Gamepad) proporcionan distintas perspectivas en cuanto a jugabilidad, siendo un componente fundamental para mejorar el rendimiento y los resultados durante la interacción con el entorno virtual. El propósito de este estudio cualitativo, es identificar el comportamiento de los atributos que caracterizan la jugabilidad en diferentes interfaces de entrada sobre un simulador para entrenamiento de cirugía laparoscópica, asistida por robot PA-10. Para ello se tuvo en cuenta algunos atributos de jugabilidad como: eficiencia, efectividad, juego mecánico, inmersión, ergonomía, adaptación y satisfacción. Los cuales fueron comparados para mostrar el efecto que se produjo en ellos al interactuar con los dispositivos de entrada y el sistema.

Palabras claves jugabilidad; entrenamiento quirúrgico; realidad virtual; dispositivos gamepad.

Abstract The input interfaces for games (Gamepad) provide different perspectives in terms of gameplay, being a fundamental component to improve performance and results during interaction with the virtual environment. The purpose of this qualitative study is to identify the behavior of the attributes that characterize the jugability at different input interfaces on a simulator for training of laparoscopic surgery assisted by robot PA-10. For this, some jugability attributes were taken into account such as: efficiency, effectiveness, mechanical game, immersion, ergonomics, adaptation and satisfaction. Which were compared to show the effect produced in them when interacting with the input devices and the system.

Keywords jugability; surgical training; virtual reality; gamepad devices.

1 Introducción

El desarrollo de videojuegos ha tenido gran avance en la última década, utilizados exitosamente en diversas áreas del conocimiento como en la educación y entrenamiento, debido a que se ha demostrado que los juegos pueden ayudar a desarrollar habilidades y destrezas que faciliten el aprendizaje de procesos complejos (Calabor, Mora, & Moya, 2018; Calderón, Petri, Ruiz, & Wangenheim, 2018; Flores Acosta, 2018).

Actualmente en la medicina existen distintos simuladores virtuales, creados para el aprendizaje y entrenamiento de procesos quirúrgicos complejos, como la cirugía laparoscópica asistida por robot, que solucionan la dificultad de acceso a los dispositivos necesarios para este tipo de proceso. La experiencia de uso del simulador en el entrenamiento debe permitir que el jugador perciba sensaciones que le permitan cumplir con los objetivos de un entrenamiento eficiente, en otras palabras, que la experiencia de uso de dicha herramienta sea exitosa. Esta experiencia suele medirse empleando la propiedad de jugabilidad, la cual es un término empleado en el diseño y análisis de juegos que describe la calidad en términos de sus reglas de funcionamiento y su diseño como juego. Se refiere a todas las experiencias de un jugador durante la interacción con sistemas de este tipo (Gonzalez, 2010). Sin embargo, con el continuo avance tecnológico aparecen nuevos retos al tener que considerar nuevas formas de interactuar y nuevos dispositivos de ocio; como el Gamepad, el cual permite que un juego pueda jugarse de diferentes maneras según el control, esto se representa en diferentes desafíos que implican una experiencia totalmente distinta para el jugador y a bajo costo. Por esta razón se propone evaluar el comportamiento de determinados atributos que caracterizan la jugabilidad en diferentes dispositivos Gamepad utilizando como prototipo un simulador para entrenamiento de cirugía laparoscópica asistida por robot PA-10.

2 Materiales y métodos

Como guía para ejecución del trabajo se toma como referencia el método investigación-acción, con el fin de afianzar la teoría y la práctica con la experiencia adquirida por los usuarios del prototipo para entrenamiento de cirugía laparoscópica asistida por robot. En general, la Investigación-acción permite desarrollar un enfoque sistemático hacia sus propias prácticas orientado a lograr un cambio positivo empleando interacciones o ciclos. Para este trabajo se definieron las 3 fases planteadas por Kurt Lewin (Colmenares, 2017) (Planificación, Acción y Evaluación) en dos ciclos, los cuales se pueden observar en la Figura 1.

En el Ciclo 1 se identifica los atributos para evaluar la jugabilidad y los requisitos necesarios para el desarrollo de un prototipo de Realidad Virtual para entrenamiento quirúrgico que use Gamepad; en el Ciclo 2 se desarrolla un prototipo con base en los requisitos descritos en el Ciclo 1 y se evalúan los atributos de jugabilidad identificados utilizando distintas interfaces de entrada (Gamepad). Una revisión previa al trabajo de investigación descrito en este artículo indicó que no se contaba con un simulador de realidad virtual para cirugía laparoscópica que permitiera evaluar la jugabilidad en interfaces de entrada Gamepad, razón por la cual fue necesario el desarrollo del prototipo. Los resultados obtenidos en el Ciclo 1 se describen en la sección de trabajos relacionados, los del Ciclo 2 se presentan en resultados.

Se espera que al seguir los pasos metodológicos planteados se responda a la siguiente pregunta de investigación ¿Se puede demostrar la afectación de la jugabilidad al interactuar con un robot quirúrgico en un entorno de realidad virtual empleando diferentes dispositivos de entrada? La jugabilidad relaciona varios factores, uno de ellos es el dispositivo de entrada (Gamepad), hipotéticamente se puede afirmar que el Gamepad influye de diferentes maneras según el tipo de características que posee, generando diferentes reacciones en la experiencia de los usuarios

de un entrenador quirúrgico de cirugía laparoscópica asistida por robot.

Figura 1. Fases definidas para el desarrollo de la investigación

3 Trabajos relacionados

De acuerdo con González en (Gonzalez, 2010) jugabilidad es el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertir y entretener de forma satisfactoria y creíble ya sea solo o en compañía.

En las formas de interactuar entre los jugadores, dispositivos, entornos y software, sobresale la Realidad Virtual (RV) como uno de los más representativos, porque permite al usuario estar inmerso en un entorno o realidad ficticia, generada y controlada por el ordenador. Estas tecnologías dan paso a Simuladores Virtuales para Entrenamiento de Cirugía, definidos como la interfaz de computadora-humano que simula un ambiente digital en tercera dimensión, permitiendo la interacción del participante con un procedimiento quirúrgico, el cual facilita el desarrollo de habilidades necesarias para llevar a

cabo una cirugía con menor probabilidad de error (F & Quintero-Becerra J, 2010).

Por otro lado, generalmente los procedimientos quirúrgicos requieren de excelentes habilidades por parte del profesional de salud; sin embargo, muchos de estos utilizan equipos de alto costo, dificultando el acceso a ellos e incidiendo directamente en las horas de entrenamiento, proceso por el cual se obtienen las habilidades necesarias en las cirugías. Un ejemplo particular de lo anterior es la cirugía laparoscópica, donde los instrumentos quirúrgicos y el equipo de visión son insertados en el cuerpo del paciente a través de pequeñas incisiones. Este procedimiento mínimamente invasivo, se realiza en la zona abdominal, en la cual los órganos son separados por medio del bióxido de carbono, con el fin de que el cirujano tenga acceso al interior del paciente y pueda manipular los instrumentos con relativa facilidad (Salinas & Vivas Albán, 2009). Este procedimiento es idóneo para aplicar la virtualización, lo demuestran los distintos trabajos de investigación existentes en el campo de la realidad virtual y la cirugía laparoscópica.

La identificación de trabajos relacionados se hizo usando el método de mapeo sistemático, definiendo inicialmente las preguntas de investigación y las palabras claves para la elaboración de las cadenas de búsqueda.

3.1 Preguntas de investigación

El objetivo principal para este Ciclo es identificar las características necesarias para la evaluación de la jugabilidad y los requisitos para el desarrollo del prototipo, para lograr este objetivo se proponen las preguntas descritas a continuación.

RQ.1. ¿Cuáles son las áreas de estudio más aplicadas en las investigaciones relacionadas con jugabilidad?

RQ.2. ¿Qué atributos se tienen en cuenta en la evaluación de la jugabilidad?

RQ.3. ¿Qué características, requisitos se deben tener en cuenta para el desarrollo de Simuladores Virtuales para Entrenamiento de Cirugía Laparoscópica?

3.2 Palabras claves

Para responder a las preguntas anteriores se definieron las palabras claves descritas en la Tabla 1 y con su combinación se construyeron las cadenas de búsqueda. Como filtro se estableció una ventana de 5 años en la fecha de publicación y que estuvieran en el contexto de la simulación y entrenamiento quirúrgico. Las bases bibliográficas consultadas fueron Scopus y EBSCO y Google Scholar.

Tabla 1. Palabras claves de búsqueda

Contexto	Categorías
Teoría básica	Laparoscopia
Rendimiento	Realidad virtual
Precisión	Robots
Jugabilidad	Simulación
Entrenamiento	

3.3 Resultados de búsqueda

La búsqueda arrojó 234 artículos de los cuales se descartaron 124 por título, priorizando 110 de ellos para la fase revisión, identificando 63 trabajos relevantes para la investigación, excluyendo 47 artículos que no responden a las preguntas definidas. Finalmente, los resultados se resumen en la Figura 2, evidenciando una brecha importante en aspectos de jugabilidad y Realidad Virtual.

Figura 2. Resultados de mapeo sistemático

Del mapeo sistemático se obtuvieron algunos trabajos que proponen soluciones similares. A continuación, se describen los principales trabajos.

En (Ramos & Salinas, 2016) mencionan que los simuladores deben garantizar que las actividades mejoren las habilidades de los usuarios durante las prácticas con los simuladores de entrenamiento laparoscópico, en el cual los participantes deben realizar acciones similares a las de la vida real, como la manipulación de instrumentos, adaptación con la visión del monitor, su percepción de profundidad, la destreza bimanual, el tiempo de realización de las actividades, habilidades relacionadas con la eficacia y el manejo de tejidos. Todo esto con el objetivo de realizar movimientos precisos, de manera que puedan completar un procedimiento laparoscópico con seguridad, brindando a los participantes la oportunidad de ganar experiencia en un ambiente controlado, de manera que, cuanto más realista sea el control y las consecuencias de las acciones durante las actividades, mejor será la experiencia del usuario.

El trabajo (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Centro de Estudios y Educación Continua., Guástar-Morillo, & Vivas-Albán, 2016), presenta la implementación de un simulador quirúrgico virtual para operaciones de laparoscopia asistida por robóticos, donde se implementaron 3 tipos de robots, Hibou (Robot Porta Endoscopia), LapBot y PA-10 (Robots Quirúrgicos), con el fin de realizar una colecistectomía utilizando como interfaz de control, un dispositivo de Joystick; el objetivo consistió en completar un simulador quirúrgico robotizado, además de ser el primero de su tipo en Colombia, el cual permite no solo el entrenamiento de los nuevos cirujanos, sino introducir en el país avances en robótica quirúrgica. Se obtuvo un ambiente virtual llamado SVQ, que permite el entrenamiento del usuario para una colecistectomía laparoscópica y recrea cinco fases de la misma, proporcionando colisión y deformación del estómago, el hígado o la vesícula, al colisionar el instrumento portado por alguno de los dos robots quirúrgicos con dichos órganos.

Los autores Vargas Rosero y Vivas Alban (Vargas-Rosero, Vivas-Albán, Vargas-Rosero, & Vivas-Albán, 2016) presentan un sistema de reconocimiento de gestos para la manipulación de dos robots quirúrgicos en un simulador virtual, para realizar una cirugía

laparoscópica y proporcionar las bases necesarias para el entrenador quirúrgico, el dispositivo de movimiento permite que el robot sea controlado por movimientos de las manos del usuario, lo que lo hace más natural en su administración, el dispositivo procesa las señales infrarrojas para determinar la posición y orientación de los objetos permitiendo mejorar la experiencia y la usabilidad de las aplicaciones 3d que utilizan interfaces naturales en lugar de dispositivos mecánicos. La evidencia experimental sugiere una interacción con más fluidez que permita una mejor inmersión en el sistema, por tanto utilizan Leap Motion, que proporciona buena precisión y velocidad; la aplicación que diseñaron permitió conocer la ubicación de las manos todo el tiempo, los robots se podían mover sin dificultad para realizar el procedimiento de eliminación de la vesícula biliar (colecistectomía) con un manejo natural, fácil y fluido.

En (Salinas & Vivas Albán, 2009) se presenta una simulación 3d de un proceso laparoscópico asistido por un robot LapBot, que se diseñó para orientar y posicionar los instrumentos quirúrgicos en cualquier punto dentro del abdomen del paciente con el fin de brindar una forma económica de probar el funcionamiento de equipos costosos, con los cuales se desea interactuar en ambientes virtuales de un computador. Se analizó la estructura del robot y a partir de este se obtuvo la tabla de parámetros geométricos que permite calcular la posición y la orientación del efector final del robot en el espacio cartesiano.

Posteriormente se desarrolló la herramienta. Como resultado se obtuvo el ambiente tridimensional en el cual se pueden observar movimientos que realizaría LapBot en una colecistectomía real.

En (Juanes, Gómez, Peguero, & Ruisoto, 2015) mencionan herramientas prácticas para aprender y adquirir habilidades clínicas como parte del entrenamiento médico, La interfaz de usuario avanzada en la aplicación tecnológica usando Leap Motion, para mejorar la interacción en el proceso de intervención quirúrgica laparoscópica e integrar la navegación a través de imágenes de realidad aumentada usando los gestos.

En (Aguilar & Padilla, 2015) se desarrolló una estrategia para la detección y control de movimiento de un brazo robótico de dos grados de libertad, utilizando como interfaz el sensor Kinect de Microsoft. Se pudo observar como el control de posición funcionó de forma eficiente y la posición propuesta por la mano, pudo ser seguida con un error menor a 5° la mayor parte del tiempo.

Los trabajos revisados aportan principalmente en el estudio del rendimiento, entrenamiento y precisión, dejando una brecha importante en aspectos de jugabilidad y la forma de evaluarse, por otro lado, los simuladores utilizados están diseñados para ser manipulados con un solo dispositivo de entrada, descartando la posibilidad de adoptar un simulador para evaluar jugabilidad. No obstante, un gran aporte fue el diseño accesible del robot PA-10 (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Centro de Estudios y Educación Continua. et al., 2016), para el desarrollo del simulador; además, se identificaron los atributos de jugabilidad necesarios para su evaluación (ver Tabla 2), y los requisitos funcionales y no funcionales para el desarrollo del prototipo, disponibles en (Castrillón, Ceballos, & Quinayas, 2019).

Tabla 2. Atributos de jugabilidad.

Atributo	Detalle
Mecánica	Mecánica del Juego, objetivos o retos de la actividad
Eficiencia	Grado con el que usuarios específicos (jugadores) pueden lograr las metas propuestas invirtiendo una cantidad apropiada de recursos en relación a la efectividad.
Efectividad	Grado en el que jugadores pueden lograr las metas propuestas con precisión y completitud en un contexto de uso concreto.
Inmersión	Grado con el que el usuario se siente dentro del contexto planteado por el videojuego, de tal manera que lo perciba como la realidad.
Satisfacción	Grado con el que los usuarios están satisfechos en un contexto de uso concreto.

Ergonomía	Grado de adaptación óptima entre el hombre y el videojuego.
Adaptación	Característica para ambientar el videojuego a las necesidades de los usuarios

4 Resultados

En el segundo Ciclo se desarrolló el prototipo para la simulación de cirugía laparoscópica, debido al tiempo limitado y recursos de proyecto, se adoptó la metodología Kanban (Rujana, Romero Franco, Tortosa, Tomaselli, & Pinto, 2016), óptima para proyectos con estas características; el desarrollo se hizo sobre Unity3d utilizando como lenguaje C#, el código fuente puede descargarse de (Ceballos & Quinayás, 2018b). El prototipo desarrollado tuvo en cuenta los requisitos identificados en primer ciclo y el proceso de desarrollo completo se encuentra en el trabajo. El prototipo funciona bajo dispositivos Android, requiere de lentes de Realidad Virtual y de un dispositivo de entrada Gamepad (Figura 4) para su manipulación, en (Ceballos & Quinayás, 2018a) se puede apreciar el funcionamiento. (Figura 5).

La evaluación de la jugabilidad se realizó usando la técnica de grupo focal; el grupo participante corresponde a 10 estudiantes de décimo semestre de ingeniería biomédica de la facultad de ingenierías de la Universidad Antonio Nariño del municipio de Popayán (Cauca) (Figura 6); se optó por este grupo considerando su conocimiento en Bioinstrumentación y la experiencia de trabajo con simuladores. Siguiendo las recomendaciones para la aplicación de un grupo focal, primero se realizó la sesión de preparación sobre las funciones tanto del robot como de interacción entre el entrenador quirúrgico y los dispositivos Gamepad, con el fin de que la muestra seleccionada se adapte al entorno de realidad virtual y a los botones del mando. Al finalizar, se proporcionó el tiempo libre necesario para el acondicionamiento y descanso de los participantes. En esta sesión se inició la prueba con los tres dispositivos Gamepad, estimando un tiempo de treinta minutos por mando para cumplir con las tres actividades predefinidas en el sistema interactivo; los dispositivos Gamepad

utilizados fueron los recomendados en otros experimentos revisados en la literatura y que por presupuesto se tuvo acceso para este proyecto. Los participantes recibieron tiempo de acondicionamiento después de cada control, cada uno diligenció el cuestionario de experiencia con el fin de recopilar la información correspondiente a la perspectiva de los factores de jugabilidad obtenida con cada uno de los dispositivos manipulados. Los instrumentos de recolección de datos (encuestas, cuestionarios y el guion de preguntas) se elaboraron con base en los atributos descritos en la Tabla 2 y se encuentran disponibles en (Castrillón et al., 2019).

Por último, se realizó todo el proceso de análisis de datos, obtenidos de la aplicación de los instrumentos de recolección. Respecto a los atributos se observó que la eficiencia en la jugabilidad es el más afectado por el uso del Gamepad, obteniendo un puntaje promedio de 2.6 en una escala de 1 a 5, calculado con los resultados de los tres dispositivos utilizados; de los otros atributos se puede afirmar que se encuentran en rangos aceptables; sin embargo, la variabilidad de los resultados demuestra que no existe un control que satisfaga la totalidad de los atributos de jugabilidad, no obstante, se observó mayor conformidad con el mando Stk mini. Como resultado general (Figura 3) se evidenció la afectación en la percepción de jugabilidad en el entorno de entrenamiento desarrollado.

Figura 3. Resultados generales obtenidos en la evaluación de los atributos que conforman la jugabilidad

5 Conclusiones

En este documento se presentó la identificación del comportamiento de las propiedades de jugabilidad al interactuar con un entrenador quirúrgico para laparoscopia asistida por robot empleando diferentes dispositivos Gamepad. La evaluación de jugabilidad aplicada a la población seleccionada muestra la evidencia de que los dispositivos Gamepad influyen de diferente manera y medida sobre los atributos de jugabilidad. Las respuestas obtenidas por parte de los participantes confirman que el dispositivo Gamepad afecta la experiencia del usuario. Además, influencia sobre los factores de jugabilidad generando sensaciones o emociones positivas que incrementan el grado de motivación con el que se realizan las actividades propuestas por el sistema de entrenamiento virtual para cirugía laparoscópica asistida por robot PA-10.

Se desarrolló un simulador para el entrenamiento básico de cirugía laparoscópica asistida compatible con diferentes dispositivos Gamepad para Android e IOS, lo cual contribuye a mejorar algunos factores de jugabilidad según las características del dispositivo y proponer una solución de bajo costo. Finalmente, el simulador permite obtener experiencia en procedimientos quirúrgicos usando el robot PA-10 en un ambiente controlado, de modo que se facilite al usuario realizar un procedimiento de cirugía laparoscópica en el mundo real.

Referencias

- Aguilar, J. D. P., & Padilla, J. V. (2015). Control de un brazo robótico usando el hardware kinect® de microsoft. *Prospectiva*, 11(2), 88. <https://doi.org/10.15665/rp.v11i2.43>
- Calabor, M. S., Mora, A., & Moya, S. (2018). Adquisición de competencias a través de juegos serios en el área contable: un análisis empírico. *Revista de Contabilidad*, 21(1), 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2016.11.001>
- Calderón, A., Petri, G., Ruiz, M., & Wangenheim, C. G. von. (2018). Desarrollando competencias personales y habilidades sociales en ingeniería informática mediante el uso de juegos serios. *Actas de Las Jornadas Sobre Enseñanza Universitaria de La Informática*; Vol 3 (2018): Actas de Las XXIV Jornadas Sobre Enseñanza Universitaria de La Informática, 127–134. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/326017710>
- Ceballos, S., & Quinayas, C. (2018a). (13) videoSimuladorLaparoscopico - YouTube. Retrieved May 15, 2019, from <https://www.youtube.com/watch?v=MF3GkTJq3p4&feature=youtu.be>
- Ceballos, S., & Quinayas, C. (2018b). Simulador para Cirugía Paparoscópica utilizando robot PA-10. Retrieved May 15, 2019, from <https://github.com/Alquimista777/Simulador>
- Colmenares, A. M. (2017). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102–115. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68548-9_4
- F, R.-S., & Quintero-Becerra J, H.-T. N. (2010). Modelo para entrenamiento de cirugía laparoscópica urológica. *Rev Mex Urol*, 70(330), 31–35. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/pdfs/uro/ur-2010/ur101h.pdf>
- Flores Acosta, kelly. (2018). Los juegos cooperativos como estrategia didáctica para el desarrollo de las habilidades sociales en los niños y niñas de cuatro años de la Institución Educativa Inicial n° 004 “El mundo de Ana María” de Santa Lucía, Uchiza, Tocache, San Martin-2018. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Retrieved from <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/9359>
- Gonzalez, J. L. (2010). Jugabilidad Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos (Universidad de Granada). Retrieved from <https://hera.ugr.es/tesisugr/18931200.pdf>
- Juanes, J. A., Gómez, J. J., Peguero, P. D., & Ruisoto, P. (2015). Practical applications of movement control technology in the acquisition of clinical skills. *Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality - TEEM '15*, 13–17. <https://doi.org/10.1145/2808580.2808583>

- Ramos, D., & Salinas, S. (2016). Simuladores virtuales para entrenamiento de habilidades para laparoscopia. *Revista Ingeniería Biomédica*, 10(19), 45–55. <https://doi.org/10.14508/rbme.2016.10.19.45-55>
- Rujana, M., Romero Franco, N., Tortosa, N., Tomaselli, G., & Pinto, N. (2016). Análisis sobre adopción de metodologías ágiles en los equipos de desarrollo en pymes del NEA. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52992>
- Salinas, S. A., & Vivas Albán, O. A. (2009). Simulación 3D de Movimientos Quirúrgicos de una Colectectomía Asistida por el Robot 'LapBot'. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 17(3), 317–328. Retrieved from <http://drmarin.galeon.com/cctlap.htm>
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Centro de Estudios y Educación Continua., C. E., Guástar-Morillo, H. A., & Vivas-Albán, O. A. (2016). Diseño y modelado del robot PA-10 virtual para aplicaciones quirúrgicas. In *Revista Facultad de Ingeniería* (Vol. 25). Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292016000200003&script=sci_abstract&lng=es
- Vargas-Rosero, H., Vivas-Albán, O. A., Vargas-Rosero, H. F., & Vivas-Albán, O. A. (2016). Manipulation of surgical robot by means of a natural interface. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 37(3), 287–298. <https://doi.org/10.17488/RMIB.37.3.2>

Apéndices

Apéndice A. Figuras del Simulador desarrollado

Figura 4. Dispositivo de entrada Gamepad

Figura 5. Interfaz del simulador desarrollada en Unity3d

Figura 6. Entrenamiento en grupo focal