

Revisión de Recursos para Laboratorio de Realidad Virtual

Jesús Martín Silva Fernández, M en C, Gabriel Alex Justo Huayna, Harry Bernol Sandoval Gomel

jsilva@unsa.edu.pe, hsandoval@unsa.edu.pe, gjusto@unsa.edu.pe

Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Junio 2020

Abstract– *Virtual reality has applications in all areas of knowledge with the main educational purpose, of experimentation of vision, audio and haptic sensitivity, its growth is continuous and sustained so that the requirement of adequate laboratories that have sufficient capacity to generate virtual productions of the highest level, in which simple and complex production processes suitable for specific requirements can be implemented.*

Keywords-- *virtual reality, laboratory, components, process, virtual production.*

Resumen– *La realidad virtual tiene aplicaciones en todas las áreas del conocimiento con el fin principalmente educativo, de experimentación de sensibilidad de visión, audio y hápticas, su crecimiento es continuo y sostenido por lo que se visualiza el requerimiento de laboratorios adecuados que tengan capacidad suficiente para generar producciones virtuales del más alto nivel, en los que se pueda implementar procesos de producción sencillos y complejos adecuados a requerimientos específicos.*

Palabras clave-- *realidad virtual, laboratorio, componentes, proceso, producción virtual.*

I. INTRODUCCIÓN

La realidad virtual RV en la década de 1930, aparece con Gafas de pigmaliones, para ver grabaciones holográficas de situaciones virtuales que incluyen tacto y olfato, luego se convierten en realidad virtual (Proyecto Gutenberg) [2] y, con soporte de kits de desarrollo de software de código abierto Open Source VR y otros productos adecuan el teléfono inteligente convencional en un dispositivo de RV, como Google Cardboard y Samsung Gear VR, éstos y las comunicaciones 5G facilitan aplicaciones de tecnologías de información (TI) en tiempo real.

Los dispositivos hápticos, como Phantom y Cybergloves utilizan tecnologías inmersivas y técnicas de Big Data como herramientas [5], propician ambiente para crecimiento continuo y sostenido, por volúmenes de consumidores y su relación inversa al valor y directa con el interés del consumidor al contenido inmersivo [5].

II. ENTORNO DE REALIDAD VIRTUAL

A. Características

Las características esenciales de RV [4] son:

1) Inmersión, capacidad de abstracción del ambiente real, estimula a los sentidos como si fuera realidad, utiliza mundo ficticio y artificial con dispositivos externos que recrean

imágenes, vídeos, sonidos, texturas al tacto, mundo artificial 3D, movimiento alrededor e interacción con elementos del entorno modificables, esto en tiempo real [5].

2) Presencia: es posible interactuar en la RV, estar dentro de ella, utilizando diferentes dispositivos de entrada como sensores de movimiento, de dimensiones, y, efectores de percepción de los sentidos.

3) Interactividad: la RV no es pasiva, permite realizar acciones que la modifican y obtener respuestas.



Fig. 1 Componentes esenciales de RV

B. Tipos

Los tipos de RV según nivel de inmersión [4]:

1) Sistemas RV de escritorio: imágenes en 3D para equipos sencillos, se exhiben en monitor o se proyectan en otra superficie.

2) Cabina de simulación: ambiente tipo cabina con sensores como simuladores de vuelo.

3) Realidad aumentada: se vale del mundo real a través de cristales que complementan las imágenes con diagramas, textos o referencias.

4) RV en segunda persona: utilizan HMD tienen respuestas en tiempo real de acciones detectadas por guantes, cascos y otros dispositivos.

5) Sistemas de telepresencia: a distancia operan a control remoto con acciones repetidas por agente remoto en ambiente simulado, como robots a distancia.

6) Sistemas inmersos: simulan la realidad, utilizan dispositivos HMD, guantes de datos, seguidores de movimiento, plataformas de movimientos, receptores y efectores de otros sentidos.

C. Nivel RV

El factor de completez y grado de realismo para el diseño de laboratorio de RV, describen un primer nivel de esencial, luego de alcance académico y, para producción industrial.

El nivel de control e interacción puede ser:

1) Nivel pasivo: la interacción del usuario con el entorno VR es baja, similar a una película en entorno inmersivo 3D, no tiene control sobre lo que sucede, tiene libertad de visión y la interacción involucra los sentidos de vista y oído.

2) Nivel exploratorio: la interacción en entorno VR permite (i) movimiento alrededor del mundo virtual y (ii) visión, interacción y control sobre medio ambiente básicos, modifica posición en el mundo virtual, sin sensibilidad háptica, ejemplo paseo arquitectónico o visita a museos virtuales.

3) Nivel interactivo: la interacción VR es alta, exploración, control, modifica entorno virtual, el nivel de interactividad varía por (i) Objetivos previstos; (ii) Número de sentidos previstos; (iii) Dispositivos de hardware disponibles; y (iv) Software de programación utilizado.

D. Aplicaciones RV

La aplicabilidad de la RV es extensa:

1) En Educación: la transmisión del conocimiento es más efectiva con la inmersión sensorial en áreas como la música [21], química [22], ciencias biológicas, matemáticas [23], astronomía, artes y otros, concierne a la frase de Albert Einstein en la que afirma que “yo nunca enseño a mis alumnos, solo intento proporcionarles las condiciones para que puedan aprender”, se enfatiza en laboratorios de cursos en línea.

2) En Medicina: la exploración médica a niveles celulares y genéticos se facilita en un entorno virtual, por uso de escalas que permiten áreas expandidas, como plantas médicas, equipos virtuales y pacientes virtuales [5].

3) En Arquitectura: para exploración visual sin efectos especiales de sonido o tacto, realiza paseos, permite diseño y marketing de ideas arquitectónicas, facilita la colaboración creativa entre diseñadores, clientes, creación de experiencias de aprendizaje más impactante para los estudiantes [16].

4) En Milicia: simuladores de manejo de diferentes equipos aéreos, marinos y terrestres [20].

5) En turismo, experiencias de viaje por RV inmersiva [17] [18] [19].

6) En el ámbito comercial: Generación de marketing innovador [24], en el caso de ventas, el comprador podrá vivir la experiencia de uso previo del artículo o poder tener la posibilidad de obtener una demostración antes de haber sido fabricado para una personalización mayor.

7) En la comunicación: la socialización se puede aplicar al mundo virtual simulando la realidad en diferentes contextos [15], se puede recrear reuniones de trabajo en espacios donde

los trabajadores se encuentren tranquilos en ambientes relajantes fuera del alcance del ruido exterior.

8) En Biología: el laboratorio RV tiene microscopios, centrifugadoras, organismos completos o células individuales cada una con comportamientos pre-programados específicos, se interactúa con objetos con el fin del estudio de la célula sus características, separación de componentes, medición de actividades enzimáticas, cuantificación de división celular, etc.

Las representaciones creativas de los objetos y sus comportamientos permiten experimentar libremente en el mundo virtual. Ejemplo de microscopio virtual.

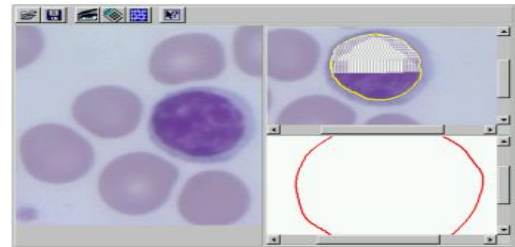


Fig. 2 Imagen de microscopio virtual.

9) En mantenimiento mecánico: tienen componentes con características físicas, eléctricas y mecánicas, necesarias para simular comportamiento real, sin limitaciones principalmente económicas y acceso:



Fig. 3 Instantánea Ambiente virtual de mantenimiento en el que se observa formas de manipular procesos.

III. CONSTRUCCION DE PRODUCCIÓN DE REALIDAD VIRTUAL

A. Desarrollo RV

La RV como recurso de uso amplio en diferentes áreas de sector médico, físico-químico, educación, etc., depende de efectores disponibles para lograr niveles de sensación, por extensión de sensación sea interna o externa que incrementan la complejidad para el diseño de un laboratorio de realidad virtual.

Una arquitectura para implementar un sistema de RV es la de 3 capas [6] como muestra la figura 4:

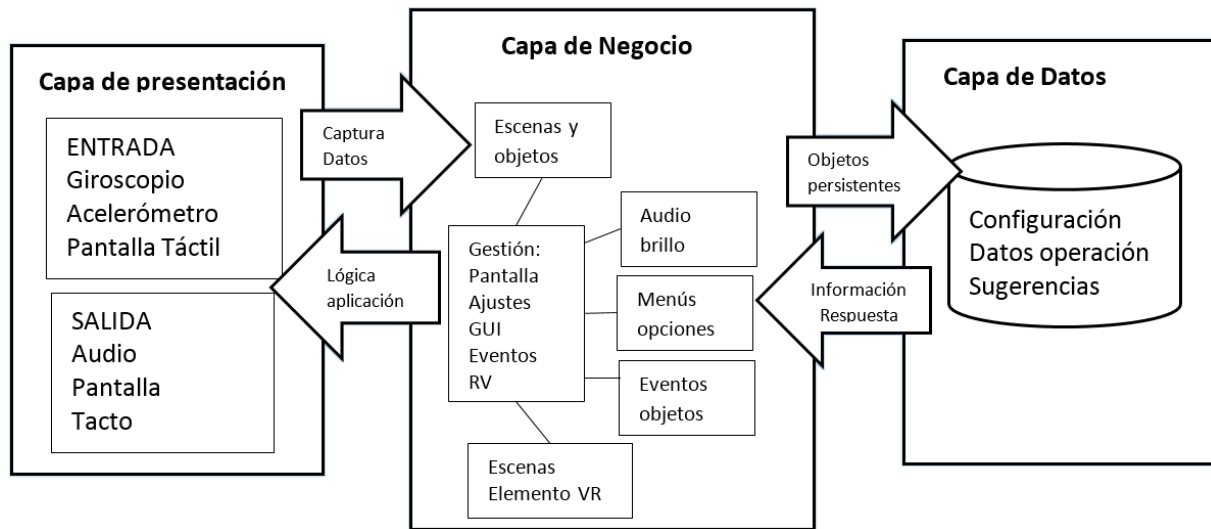


Fig. 4 Arquitectura y componentes.

En la implementación se utiliza como actividad principal la navegación que se representa con un diagrama de flujo [6].

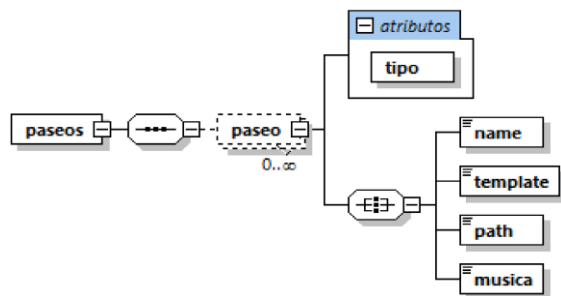


Fig. 5 Diagrama de navegación.

La interfaz de usuario se implementa con el diseño de la misma utilizando mockup [6]:

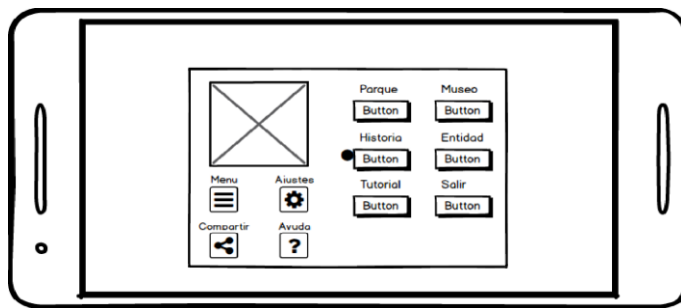


Fig. 6 Interfaz mockup

TABLA I
ROLES Y RESPONSABILIDADES DENTRO DE UN AMBIENTE VIRTUAL

ROL	RESPONSABILIDAD
Productor	Dirección de desarrollo y coordinación entre roles de entornos virtuales.
Desarrollador	Modelamiento de ambiente 3d y objetos virtuales
Arte de textura	Diseño gráfico 2D textura y renderización
Guionista	Requerimientos de desarrollo de software para ambiente virtual
Diseñador interfaz	Diseño de usabilidad basada en experiencia de usuario
Diseñador animación	Creación de animaciones según requerimientos
Diseñador sonido	Creación de espacios sonoros
Diseñador de ambiente	Integración armonizada de componentes de ambiente virtual

B. Roles RV

Los roles y responsabilidades de desarrollo de ambiente virtual tabla I:

IV. APOORTE

A. Análisis

Comparación entre laboratorio físico y virtual tabla II:

TABLA II

LABORATORIO FÍSICO VS LABORATORIO VIRTUAL

FACTORES	LABORATORIO FÍSICO	LABORATORIO VIRTUAL
Disponibilidad	Limitado en tiempo y espacio Necesidad de compartir.	Diseñado para uso remoto en cualquier momento individual o grupo.
Experimentación	Limitado a experimentos que pueden realizarse de forma segura con disponibilidad de equipo limitado físicamente a observación de respuestas.	Proporciona opciones más amplias y seguras para experimentos fuera de especificaciones configuradas. Capacidad para simular entidades inviables en laboratorio físico.
Costos	Necesidad de construir laboratorios y necesita actualizaciones oportunas. Costo alto para actualización y mantenimiento.	Costo significativamente menor por simulación de laboratorio que pueden ser remotos.
Experiencia de usuario	Sensibilidad real física de equipos y experimentos.	Forma rápida y fácil de realizar experimentos sin equipo físico.
Interacción	Apoyo al trabajo en equipo y el mundo y resultados reales.	Datos idealizados sin interacción con equipo real, apoyo complejo a trabajo en equipo.

B. Procesos RV y roles

La relación de actividades agrupadas por etapas y nivel de proceso de desarrollo son de responsabilidad de los diferentes

roles RV, esta relación genera diferentes complejidades del proceso Tabla III:

Proceso complejidad 1: Básico, actividades esencialmente de desarrollo

Proceso complejidad 2: Regular, actividades para producciones principalmente académicas

Proceso complejidad 3: Alta, actividades para producción de usuarios finales.

C. Laboratorio RV

Los objetivos de la educación constructivista es enfatizar el desarrollo del aprendizaje autónomo, para esto, las principales estrategias podrían ser potenciadas por los docentes con la lectura, observación, comprensión, planificación de acciones y solución de problemas [24].

El proceso de construcción del conocimiento es dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente, considera al sujeto que construye el conocimiento, los instrumentos utilizados en la actividad, de manera especial los de tipo semiótico, los conocimientos que deben ser construidos, una comunidad de referencia en la que la actividad y el sujeto se insertan, un conjunto de normas de comportamiento que regulan las relaciones sociales de esa comunidad y un conjunto de reglas que establecen la división de tareas en la actividad conjunta [25]

El esquema constructivista se organiza en estructura jerárquica con tres niveles:

- De la naturaleza y funciones de la educación.
- De las características propias y específicas de los procesos de construcción del conocimiento en el aula.
- De los principios explicativos de los procesos de enseñanza y aprendizaje. en el marco de las coordenadas creadas por los dos anteriores.

Las capacidades como logros del estudiante se orientan a:

1) Que en el laboratorio deben saber cómo medir cantidades usando instrumentos y sensores.

2) Que sean capaces de evaluar capacidades y limitaciones de los modelos. Se evalúa si la teoría explica las observaciones prácticas o los datos recopilados.

TABLA III
ETAPAS, NIVEL, ENTREGABLES, ACTIVIDADES Y ROLES DE LA RV

Etapas	NIVEL	Entregables	ACTIVIDAD/ROL	Productor	Desarrollador	Arte de textura	Guionista	Diseñador interfaz	Diseñador animación	Diseñador sonido	Diseñador de ambiente
Diseño sistemático de instrucción	Perfil de usuario: análisis de necesidades y metas educativas	Actividad individual, grupal, interfaz	Definición de objetivos específicos	2			2				1
			Determinar objetivos usados en 3d interactividad	2			2	1	3		1
			Decisión de nivel de realismo	2			2	1	3	2	1
			Elegir nivel interacción de usuario con ambiente RV	2			2	1	3	2	1
Diseño funcional de mundo virtual	Simulación virtual: diseño modular de metas de instrucción	Guion diseño artístico, modelo 3d, texturas, animación,	Sentidos involucrados, nivel de control	2	1	3	2	1	3	2	1
			Elegir hardware y software adecuados		1	3		1	3	2	1
			Desarrollo de aplicación RV		1	3		1	3	2	
			Selección de diseño pedagógico	2			2				
Implementación mundo virtual	Experiencia usuario: modelo de cascada	Especificaciones desarrolladas	Identificación de objetivos a ser mejorados	2			2	1	3	2	1
			Identificación de aprendizaje, conocimiento, experiencia	2	1	3	2	1	3	2	1
			Modificación y adecuación de RV		1	3		1	3	2	1

- 3) Capacidad de diseñar un experimento, especificando los equipos y procesos para recopilar datos e interpretarlos para lograr los objetivos del experimento.
- 4) Capacidad de generar conclusiones, corroborarlas y emitir juicios.
- 5) Capacidad de diseñar y crear un producto o un sistema, utilizando métodos, equipos y materiales según requisitos, luego probar y depurar.
- 6) Capacidad de aprender de las fallas experimentadas.
- 7) Desarrollo de un nivel demostrado de creatividad para resolver problemas del mundo real, con habilidades psicomotoras para seleccionar, modificar y operar herramientas y recursos correctos.
- 8) Desarrollo de habilidades de comunicación verbal y escrita del estudiante generando documentos e informes que transmitan el mensaje a la audiencia prevista.
- 9) Desarrollo de habilidades de trabajo en equipo para que los deberes y responsabilidades se pueden definir claramente.
- 10) Uso de aspectos éticos relevantes de trabajo en laboratorio con espíritu de informar adecuadamente los datos y resultados.
- 11) Capacidad de desarrollo de conciencia sensorial. recopilar datos del mundo real sobre problemas del mismo.

La usabilidad de laboratorio de RV se mide con indicador de efectividad del aprendizaje descrito "si se lograron

objetivos del conocimiento obtenido de un curso en particular”.

C. Componentes

Los componentes y características de una producción RV se vinculan estrechamente, esta relación se basa en el tipo, nivel y características esenciales de la producción. Los componentes considerados se muestran en la Tabla IV:

Salida: efectos generados con interfaces sensibles al sentido humano HMD, por sus siglas Virtual Reality Head Mounted Displays.

Entrada: envío de información al sistema para modificarlo.

Google Cardboard utiliza teléfono móvil ejecuta videos de realidad virtual, ventajas son: (i) bajo costo; (ii) gran cantidad de contenido, especialmente videos de 360°; y (iii) versatilidad. Desventajas: (i) baja calidad de experiencia de realidad virtual y (ii) es incómodo de usar

HTC Vive alto nivel de inmersión por uso de (i) controles VR stick (utilizados con las manos) con el que usuarios interactúan con objetos dentro del entorno VR, y (ii) sensores en paredes de habitación que hacen espacio virtual para usuario libre. Requiere computadora de gama alta.

El software RV: pueden ser librerías de programas o sistemas que crean interfaces completas para mundos virtuales.

COMPONENTES/CARACTERISTICAS	Características de diseño	Interfaz: calidad y facilidad de uso	Realismo	Individualización	Almacenamiento	Interacción social, trabajo en equipo	Experimentación Sencilla	Multimedia, características 3-D	Fuera de oficina	Ayuda
SALIDA										
HMD Google Cardboard				1			1	1	1	
HMD Samsung Gear VR				1			1	1	1	1
HMD Sony PlayStation VR				3			2	2	3	2
HMD HTC Vive	2	2	2	2	2		2	3	2	
Guantes	3	3	3	3	3	3		3	3	3
Gusto	3	3	3	3	3	3		3	3	3
Olfato	3	3	3	3	3	3		3	3	3
Sensibilidad de piel	3	3	3	3	3	3		3	3	3
ENTRADA										
Ruteadores de cabeza direccionan mirada	2	2	2	2	2			2	2	2
Controlador de manos	2	2	2	2	2	2		2	2	2
Plataforma de movimiento	2	2	2	2	2			2	2	2
UNIDAD CENTRAL										
Motor de Realidad: alberga software que crea realidad virtual	1	1	1		1	2	1	1	1	1
GENERADOR AMBIENTE										
Cámara captura fotos y videos 360° Ricoh Theta S	1	1	1		1	2	1	1	1	
Drone para captura mayor alcance	2	2					2		2	
SOFTWARE										
Unity3D es un motor para crear aplicaciones	1	1	1		1		1	1	1	1
Blender es un programa de modelado en 3D y multiplataforma	1	1	1		1		1	1	1	1
Monodevelop, entorno multiplataforma	1	1	1		1		1	1	2	1
Balsamiq Mockups, es una herramienta para realizar Wireframe	2	2	2		2		2	2	2	2
Paint 3D de microsoft.	2	2	2		2		2	2	2	2
Base de datos										
	1	1	1		1		1	1	1	

TABLA IV
COMPONENTES/CARACTERISTICAS

Unity es un motor de desarrollo de videojuegos para crear entornos virtuales e interactivos y, brinda una amplia variedad de dispositivos para exportar creaciones que Unity proporciona.

Blender ayuda con la parte del modelado, renderizado, la animación, audios, y la creación de objetos 3d.

Reality Capture crea modelos 3D usando la técnica de fotogrametría en base a imágenes tomadas de distintos ángulos sobre objetos físicos que son capturados por cámaras.

Base de datos: Los objetos del mundo virtual se almacenan en base de datos.

Se consideran:

Laboratorio 1: Básico, componentes orientados al uso de aplicaciones simples.

Laboratorio 2: Académico, componentes para producciones de proceso completo sin rigurosidad de pruebas.

Laboratorio 3: de Producción, componentes para usuario final con pruebas y calidad suficientes.

D. Uso de UNITY y videos 360°

Unity genera entornos de RV en diferentes dispositivos, el uso de esta aplicación con videos 360, genera un entorno con nivel de interacción bajo. La posibilidad de generar videos 360 con interacción donde el usuario tenga cierto control del espacio creado es muy alta, para esto se usará el caso de un video 360° de una visita a la ciudadela de Machu Picchu. Comenzando con la recreación del movimiento de la cabeza obteniendo la posición del mouse en el eje x y la posición del mouse en el eje y:

```
float horizontal = Input.GetAxis("Mouse X");
```

```
float vertical = Input.GetAxis("Mouse Y");
```

La rotación de la cámara en sentido horizontal se realiza cambiando su valor de la entrada horizontal por las obtenidas anteriormente con respecto a la horizontal

```
transform.Rotate(0f, horizontal, 0f, Space.World);
```

De la misma forma para el sentido vertical cambiamos el valor de entrada vertical con el opuesto encontrado anteriormente, e indicamos que rote sobre su misma posición.

```
transform.Rotate(-vertical, 0f, 0f, Space.Self);
```

La construcción de interacciones referidas al tacto, sin manipular ni modificar, sólo obtener información, se realizará mediante un sistema de mapeo, durante el video se crean botones asignado a un objeto con seguimiento a este, para interactuar con el objeto. Una vez que se interactúe con un objeto, como por ejemplo al tocar una piedra como refleja la Fig.7 se puede exhibir alguna información o algún recurso multimedia de museos e incluso la sensación de frío, calor o

las texturas se puede manifestar con unos guantes hápticos [14].



Fig. 7 Interacción al tocar una piedra.

Se dio mayor control de movimiento al usuario, donde este pueda avanzar o retroceder en el espacio, dándole la sensación de presencia en el entorno. Se presenta dos formas de realizar la visita, la primera de manera normal, y la segunda con todos estos cambios con interacción del usuario y el video.



Fig. 8 Menú principal

Por último, se generó varios clips donde genera el efecto del vacío, contemplando las sensaciones extremas de caídas libre, por ejemplo.



Fig. 9 Captura de caída libre en 360°

V. CONCLUSIONES

- 1) El uso diversificado y cada vez más frecuente de RV genera características competitivas en servicios y productos.
- 2) La percepción sensorial tiene alcances más completos y por tanto producciones más reales.
- 3) La generación de producciones RV, no son solo de especialistas, siendo que las aplicaciones pueden ser simples a complejas, están son construidas en talleres y laboratorios especializados.
- 4) El mayor crecimiento de ambientes RV está orientado a objetivos de aprendizaje en las diferentes áreas, el análisis del logro de estos objetivos se detalla en la tabla V:

TABLA V
Logro de objetivos de aprendizaje en laboratorio de RV

OBJETIVO DE APRENDIZAJE	HALLAZGO
Conceptos de aprendizaje	Los estudiantes aprenden igual que en laboratorios físicos
Motivación	Los estudiantes tienen motivación por uso de TIC
Modelos teóricos	Facilita relacionar teoría con práctica
Experimentación	Los laboratorios virtuales aumentan la velocidad de experimentación
Análisis de datos	Mejor enfoque en el análisis de datos.
Diseño	Mejor facilidad en el diseño comparado con el laboratorio físico
Aprendiendo de errores	Los alumnos pueden evaluar errores con rapidez
Comunicación	El intercambio de datos es más fácil en laboratorio virtual
Trabajo grupal	Mejora la capacidad de trabajar en grupos

5) Los aspectos relevantes en una producción RV para aprendizaje son la disponibilidad de recursos (dispositivos), el nivel de estudiante y el entorno social.

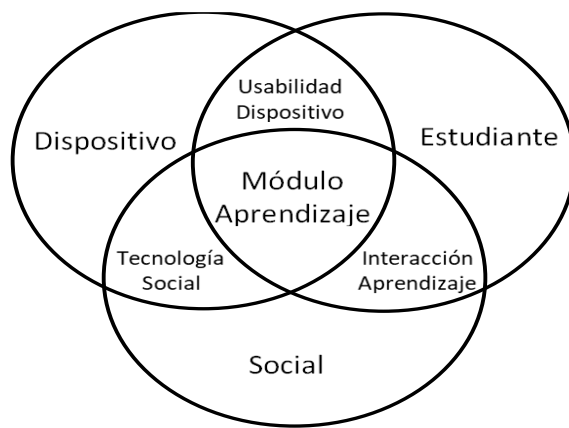


Fig. 10 Aspectos RV

6) En el proceso de construcción de una producción virtual se considera los objetivos de entorno específico (actividades), los atributos virtuales, los físicos y creatividad ideas.

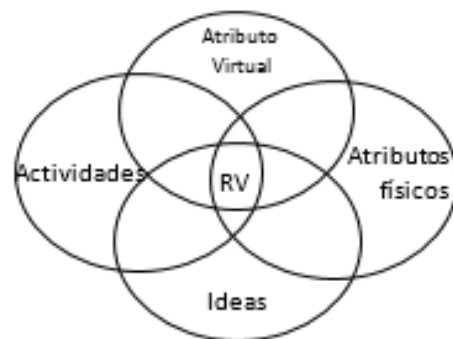


Fig. 11 Objetivos de entorno de proceso RV

RECOMENDACIONES

- 1) El uso de la realidad virtual siendo cada vez más sencillo y tener asequibilidad económica, es de uso natural en cualquier área de conocimiento.
- 2) El reemplazo de la realidad con la RV se justifica por facilidad de acceso, seguridad, conservación y costo.
- 3) El nivel de completez de ambiente RV tiene tendencia creciente debido a la disponibilidad de hardware y software con mejores características.
- 4) Las consideraciones de capacidad de laboratorio RV pueden ser básico, académico y de producción.
- 5) Las tareas de investigación de RV se sesgan a efectos de tiempo real, completez de sensibilidad, interoperabilidad natural y durabilidad de usuario de operación virtual.

REFERENCIAS

- [1] Rajaram Subramanian and Ivan Marsic, ViBE: Virtual Biology Experiments, Department of Electrical and Computer Engineering and the CAIP Center Rutgers, The State University of New Jersey, 1996.
- [2] Adolfo Enrique Samudio Cano, Design and implementation of a virtual reality laboratory for mechanical maintenance, Faculty of the College of the College of Business and Technology Morehead State University, 2018
- [3] Torres Samperio Gonzalo Alberto, Metodología para el modelado de sistemas de realidad virtual para el aprendizaje en dispositivos móviles, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2017
- [4] Javier Cardozo Hugo, Realidad Virtual, UCA, 2004
- [5] Menéndez José Manuel, Jimenez Bermejo José Manuel, Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de la ETS de Ingenieros de Telecomunicación de la UPM. 2018
- [6] Guillermo Cobo Fernández, Desarrollo de una aplicación móvil de realidad virtual para el aprendizaje en las aulas, Universidad de Cantabria, 2017
- [7] Ali Altalbe, Virtual Laboratories for Electrical Engineering Students: Student Perspectives and Design Guidelines, The University of Queensland, Australia. 2018
- [8] Boris Bortnik, Natalia Stozhko*, Irina Pervukhina, Albina Tchernysheva and Galina Belysheva, Effect of virtual analytical chemistry laboraenhancing student research skills and practices, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia, 2017
- [9] Diego Vergara 1, Manuel Pablo Rubio, Miguel Lorenzo, On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering, Multimodal Technologies and interaction, 2017.
- [10] Mario Hernán Ortiz Bonilla, utilización de la realidad virtual y los sistemas de recomendación para el proceso de la concepción de soluciones dedicadas a la movilidad urbana, Université de Lorraine.
- [11] Pekka Qvist, Designing virtual laboratories: From pedagogical design to learning analytics, Turku University of Applied Sciences, 2015
- [12] Jinke Ren, Yinghui He, Guan Huang, Guanding Yu, Yunlong Cai, Zhaoyang Zhang, An Edge-Computing Based Architecture for Mobile Augmented Reality, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China, Oct 2018
- [13] Himanshu Limbasiya, Sense Simulation in Virtual Reality to Increase: Immersion, Presence, and Interactions, University of Dublin, 2018Manuscript Templates for Conference Proceedings, IEEE. http://www.ieee.org/conferences_events/conferences/publishing/template_s.html
- [14] F. Kato, Y. Inoue, and S. Tachi, "Haptic Display Glove Capable of Force/Vibration/Temperature," in *2019 22nd IEEE International Symposium on Measurement and Control in Robotics: Robotics for the Benefit of Humanity, ISMCR 2019*, Sep. 2019, pp. D2-2-1-D2-2-5, doi: 10.1109/ISMCR47492.2019.8955735.
- [15] S. A. Aseeri and V. Interrante, "The Influence of Avatar Representation and Behavior on Communication in Social Immersive Virtual Environments," in *25th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2018 - Proceedings*, Aug. 2018, pp. 823–824, doi: 10.1109/VR.2018.8446261.
- [16] A. Raikwar *et al.*, "CubeVR: Digital Affordances for Architecture Undergraduate Education using Virtual Reality," in *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, Mar. 2019, pp. 1623–1626, doi: 10.1109/VR.2019.8798115.
- [17] L. Jegó, I. Gallardo, and F. Besoain, "Developing a Virtual Reality Experience with Game Elements for Tourism: Kayak Simulator," in *IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies, CHILECON 2019*, Nov. 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/CHILECON47746.2019.8988058.
- [18] H. Park, J. Kim, S. Bang, and W. Woo, "The effect of applying film-induced tourism to virtual reality tours of cultural heritage sites," *Proc. 2018 3rd Digit. Herit. Int. Congr. Digit. Herit. 2018 - Held jointly with 2018 24th Int. Conf. Virtual Syst. Multimedia, VSMM 2018*, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1109/DigitalHeritage.2018.8810089.
- [19] G. Liu, "Design of Virtual Display System for Guangxi Minority Scenic Spots Based on Virtual Reality," in *Proceedings - 2019 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City, ICITBS 2019*, Mar. 2019, pp. 409–412, doi: 10.1109/ICITBS.2019.00107.
- [20] R. Girardi and J. C. De Oliveira, "Virtual reality in army artillery observer training," in *Proceedings - 2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2019*, Oct. 2019, pp. 25–33, doi: 10.1109/SVR.2019.00021.
- [21] S. Serafin, A. Adjorlu, N. Nilsson, L. Thomsen, and R. Nordahl, "Considerations on the use of virtual and augmented reality technologies in music education," in *2017 IEEE Virtual Reality Workshop on K-12 Embodied Learning through Virtual and Augmented Reality, KELVAR 2017*, Jun. 2017, pp. 1–4, doi: 10.1109/KELVAR.2017.7961562.
- [22] E. Nersesian, A. Spryszynski, and M. J. Lee, "Integration of Virtual Reality in Secondary STEM Education," in *2019 9th IEEE Integrated STEM Education Conference, ISEC 2019*, Mar. 2019, pp. 83–90, doi: 10.1109/ISECon.2019.8882070.
- [23] G. S. Fleury, M. W. De Souza Ribeiro, and C. G. Silva Stedile, "Immersive virtual environment for math aid in the early years," in *Proceedings - 2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2019*, Oct. 2019, pp. 20–24, doi: 10.1109/SVR.2019.00020.
- [24] C. Ting, "The Applied Research on the Virtual Reality Technology in the Hotel Marketing Management," in *Proceedings - 2019 International Conference on Smart Grid and Electrical Automation, ICSGEA 2019*, Aug. 2019, pp. 242–246, doi: 10.1109/ICSGEA.2019.00063.
- [25] Carmen Rosa Coloma Manrique* Rosa María Tafur Puente. EL CONSTRUCTIVISMO Y SUS IMPLICANCIAS EN EDUCACIÓN. EDUCACION. Vol. VIII. No 16. Setiembre 1999.
- [26] Serrano González-Tejero, José Manuel; Pons Parra, Rosa María. El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 13, núm. 1, 2011, pp. 1-27 Universidad Autónoma de Baja California