

A video game for traveling inside the rocks of a basin. Virtual reality approaches the classroom

María A. Arecco, PhD ¹, Patricia A. Larocca, PhD ¹, Silvia Barredo, PhD², Gabriela Savioli, PhD² and Federico Marino, Eng³

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Argentina, marecco@fi.uba.ar, plarocc@fi.uba.ar

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Gas y Petróleo, Argentina, sbarredo@fi.uba.ar, gsavioli@fi.uba.ar

³Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Electrónica, Argentina, fmarino@fi.uba.ar

Abstract— The use of an Immersive Virtual Reality glasses and joysticks in the classroom seems unthinkable, however, we designed a classroom work with these elements for Petroleum Engineering and Geodesy-Geophysics Engineering, courses. Rv software allows the student to become familiar with different models of reservoirs, whether they are hydro, geothermal, oil, etc. making dives and visualizations inside reservoirs using Rv glasses and two joysticks as navigation tools. This classroom work was designed to reinforce the conceptual and attitudinal contents of the Reservoirs theme where the application is used in the approach and deepening of the fluid media. Students explore the environment using these tools, sectioning sedimentary strata, measuring thickness, indicating physical attributions of permeability, porosity, density, susceptibility of certain rock formations, etc. based on the guidelines proposed by the teacher in the Guidance Guide. The teacher observes the dives through a Tablet and guides the student through the different stages of navigation. Once the topic has been studied in depth, students are able to compare the results obtained by various groups of students who have analyzed different aspects of the reservoir, collectively draw up a report that relates the guidelines to the information and present graphs and tables with data on the physical magnitudes observed. Student reports are evaluated through rubrics. The software design was fully developed at FIUBA and the elements were acquired thanks to a Research and Development project (PIDAE).

Keywords—Immersive Virtual Reality, Reservoir, Orientation Guide

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Un video juego para viajar al interior de las rocas de una cuenca. La realidad virtual se acerca al aula

María A. Arecco, PhD¹, Patricia A. Larocca, PhD¹, Silvia Barredo, PhD², Gabriela Savioli, PhD² and Federico Marino, Eng³

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Argentina, marecco@fi.uba.ar, plarocc@fi.uba.ar

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Gas y Petróleo, Argentina, sbarredo@fi.uba.ar, gsavioli@fi.uba.ar

³Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Electrónica, Argentina, fmario@fi.uba.ar

Resumen— *El uso de un visor de Realidad Virtual Inmersiva y de joysticks en el aula parece impensado, sin embargo, se ha diseñado un trabajo áulico con dichos elementos para asignaturas de las carreras de Ingeniería en Petróleo e Ingeniería Geodesta-Geofísica. Se implementó un Trabajo Práctico a partir de un software de RVI que le permite al alumno familiarizarse con distintos modelos de reservorios, ya sean, hídricos, geotérmicos, petroleros, etc. realizando inmersiones y visualizaciones en dichos reservorios usando un visor de Rv y dos joysticks como herramientas de navegación. Este trabajo áulico se diseñó para reforzar los contenidos conceptuales y actitudinales de la Unidad Temática Reservorios donde la aplicación se usa en la etapa de abordaje y profundización de los medios donde se alojan los fluidos de interés comercial. Los estudiantes exploran el entorno mediante estas herramientas por medio del corte de estratos sedimentarios, midiendo espesores, observando e indicando atribuciones físicas de permeabilidad, porosidad, densidad, susceptibilidad de ciertas formaciones rocosas, entre otros atributos petrofísicos, a partir de las pautas propuestas que se les propone en la Guía Orientadora. El docente observa las inmersiones a través de una Tablet y guía al alumno por las distintas etapas de la navegación. Luego de profundizado el tema los alumnos están en condiciones de comparar los resultados obtenidos por diferentes grupos de alumnos que analizaron diferentes aspectos del reservorio, elaborar colectivamente un informe que relacione las pautas con la información y presentar gráficos y tablas con datos de las magnitudes físicas observadas. Los informes de los alumnos son evaluados por medio de rúbricas. El diseño del software fue desarrollado totalmente en la FIUBA y puede ampliarse. Los elementos fueron adquiridos gracias a un proyecto de Investigación y Desarrollo (PIDAE). Palabras clave—Realidad Virtual Inmersiva, Reservorio, Guía Orientadora.*

Abstract— *The use of an Immersive Virtual Reality glasses and joysticks in the classroom seems unthinkable, however, we designed a classroom work with these elements for Petroleum Engineering and Geodesy-Geophysics Engineering, courses. Rv software allows the student to become familiar with different models of reservoirs, whether they are hydro, geothermal, oil, etc. making dives and visualizations inside reservoirs using Rv glasses and two joysticks as navigation tools. This classroom work was designed to reinforce*

the conceptual and attitudinal contents of the Reservoirs theme where the application is used in the approach and deepening of the fluid media. Students explore the environment using these tools, sectioning sedimentary strata, measuring thickness, indicating physical attributions of permeability, porosity, density, susceptibility of certain rock formations, etc. based on the guidelines proposed by the teacher in the Guidance Guide. The teacher observes the dives through a Tablet and guides the student through the different stages of navigation. Once the topic has been studied in depth, students are able to compare the results obtained by various groups of students who have analyzed different aspects of the reservoir, collectively draw up a report that relates the guidelines to the information and present graphs and tables with data on the physical magnitudes observed. Student reports are evaluated through rubrics. The software design was fully developed at FIUBA and the elements were acquired thanks to a Research and Development project (PIDAE). Keywords—Immersive Virtual Reality, Reservoir, Orientation Guide

I. INTRODUCCIÓN

La Realidad Virtual Inmersiva (RVI) se presenta como un recurso educativo ideal para crear nuevos desafíos que permiten adentrarse a simulaciones del mundo real en 3D, que le permite a los alumnos experimentar un mundo aparentemente real. Para ello, se sirve de gráficos 3D, así como imágenes, textos, etc. y produce la sensación de inmersión dentro del mundo virtual. Se trata de una simulación interactiva y dinámica, que permite navegar en ese espacio a tiempo real según Aveyeyra [1].

Pantelidis [2] propone un conjunto de indicaciones para decidir sobre la aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza, por ejemplo, si es peligrosa, imposible o cuando resulta más interesante que una situación real.

Los reservorios se encuentran en el subsuelo y están conformados por rocas de composiciones diversas dispuestas en estratos vinculados entre sí a través de geometrías complejas. Ese conjunto litológico puede contener fluidos como agua, gas o petróleo a distintas temperaturas en espacios denominados poros que permiten su paso. Estas propiedades se conocen como porosidad y permeabilidad y son las variables fundamentales de producción para cualquier reservorio de interés comercial según Barredo [3].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Este trabajo está apoyado en la modelización de cuencas, e instalaciones de ductos en la exploración en reservorios cuyo conocimiento, actualmente, ha pasado a ser un tema relevante como Arecco [4].

En el marco de introducir nuevas tecnologías y metodologías en los procesos de enseñanza/aprendizaje, en Ingeniería en Petróleo e Ingeniería Geodésica y Geofísica, se desarrolló un software educativo para navegar virtualmente dentro de los reservorios virtuales, a través de las capas sedimentarias, relacionando información de propiedades de las rocas, (como la porosidad y la permeabilidad), medidas en forma directa e indirecta. El proceso de navegación se realiza a partir de operadores booleanos manipulados mediante joysticks, bajando por pozos o realizando cortes con planos, cilindros o esferas, orientados verticalmente o inclinados según Marino [5] y Marino [6].

De acuerdo a De Antonio Jiménez [7] las características de la Realidad Virtual hacen de ésta sea una herramienta muy útil para el proceso de enseñanza/aprendizaje; sin embargo, no deben descuidar las Técnicas de Enseñanza, Objetivos Educativos y Estilos de Aprendizaje, desarrollando aplicaciones centradas en el alumno y no sólo en los contenidos. Además, teniendo en cuenta las Técnicas de Enseñanza y su relación con este tipo de aplicaciones, el programa RVI “Cuencas” “Reservorios” se clasifica según Taichi [8] como Exploratoria, donde los estudiantes dirigen sus propios aprendizajes a través de un proceso de descubrimiento guiado. La técnica de enseñanza en la que se apoya es el Estudio de Casos, donde el estudiante analiza cuidadosamente sus decisiones antes de sintetizar una solución y para ello usa su propio conocimiento.

Esta propuesta didáctica, centrada en el estudiante y que considera la mejora de sus capacidades, ha sido diseñada y desarrollada, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) a partir del software “RVI Reservorios-Cuencas” y los elementos curriculares establecidos en las asignaturas Ingeniería de Reservorios, Geología del Petróleo, Sedimentología, Petrofísica, Análisis de Cuencas, Geomagnetismo y Prospección gravimétrica y magnética de las carreras de Ingeniería en Petróleo e Ingeniería Geodésica y Geofísica.

A partir de esta propuesta, consistente en la Guía Orientadora y el uso del software, se diseñaron rúbricas para la evaluación de los alumnos mediante la aplicación de exámenes tradicionales, en todas sus variedades, tanto orales como escritos, cuestionarios, mapas conceptuales, problemas de resolución e informes.

II. ELEMENTOS Y METODOLOGÍA

A. Elementos y Organización de los Grupos

Se encuentra dirigido al estudiantado de las carreras de ingeniería mencionadas en asignaturas que pertenecen al bloque de Tecnologías Aplicadas. Para implementar la propuesta enumeramos los siguientes materiales o elementos:

Para Realidad Virtual Inmersiva:

- Joysticks
- Visor de realidad virtual
- Software diseñado “RVI Reservorios-Cuencas”
- Computadora
- Monitor

Los elementos de RVI se pueden apreciar en las figuras 1 y 2.

Para el Trabajo Práctico durante el transcurso de la clase:

- Un espacio horizontal, plano y libre de obstáculos de aproximadamente 4 m².
- Guía Orientadora con actividades manipulativas, de destreza, de interpretación y de captura de información cuantitativa, etcétera.
- Actividad Evaluativa a través de Rúbricas

Este desarrollo de la aplicación web está basada en Javascript, HTML, CSS, WebGL y WebXR y utiliza algunas bibliotecas Javascript de código abierto según Marino [5].

La propuesta didáctica contempla una distribución temporal de 1 sesión semanal para cada asignatura. En cada sesión se contempla la participación de dos grupos.



Fig. 1 Visor de RV y joysticks

Al desarrollar este software instruccional para la enseñanza fue importante tener en cuenta las distintas técnicas pedagógicas que podían ser aplicadas como apoyo a los procesos de enseñanza/aprendizaje. La Tabla I muestra una descripción de estas técnicas según Taichi [8] que fueron tomadas en cuenta en este desarrollo.

TABLA I
DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS EDUCATIVAS EMPLEADAS

Caso de estudio	El uso de casos como ver cada reservorio a través de distintos pozos son nuestros vehículos educativos que dan a los estudiantes la oportunidad de aportar de sí mismos a la solución de los problemas de la Guía.
Experimentación en laboratorio/gabinete	La aplicación práctica de la teoría mediante la observación, la investigación, la experimentación y en este caso como viaje en RVI permite acercarse al alumno a situaciones realistas.

En relación a las técnicas educativas este viaje virtual propuesto por la RVI del software RVI “Cuenca”-“Reservorios” representa, además, la posibilidad de la observación directa de instrumental de medición que suele utilizarse en pozos, permitiendo al alumno tomar contacto con los resultados de una observación real.

La propuesta didáctica tiene una duración de 960 minutos en su implementación completa, lo que implican 16 horas de trabajo durante un mes. El diseño de la propuesta considera la participación de 24 sujetos como máximo, distribuidos en ocho grupos de tres estudiantes. En la Tabla II se presenta una propuesta de distribución temporal de los grupos.



Fig. 2 Vista frontal de los comandos de los joysticks.

TABLA II
DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Encuentros	Ingeniería de Reservorios	Geomagnetismo	Geología del petróleo	Prospección gravimétrica y magnética
Semana 1	Grupos A y B	Grupos C y D	Grupos E y F	Grupos G y H
Semana 2	Grupos A y B	Grupos C y D	Grupos E y F	Grupos G y H
Semana 3	Grupos A y B	Grupos C y D	Grupos E y F	Grupos G y H
Semana 4	Grupos A y B	Grupos C y D	Grupos E y F	Grupos G y H

B. Actividades en cada sesión

Previamente al inicio de la actividad propuesta los alumnos recibieron los contenidos teóricos mínimos de los elementos curriculares en sus respectivas asignaturas. Las sesiones se encuentran organizadas por clase, por tanto, la primera semana corresponde a búsqueda de información temática, se arman los grupos y se dan las recomendaciones del delicado equipo (Tabla III).

La segunda sesión consiste en presentar a los alumnos de cada asignatura los objetivos de la Guía Orientadora que, con anterioridad deben haber descargado del Campus. También, se describen las partes del visor y la funcionalidad de cada comando. Posteriormente, los alumnos toman contacto con los equipos y el modelo de cuenca en el ambiente virtual.

La tercera sesión se divide en dos momentos, en la primera parte de la sesión (30 min) un grupo realiza las actividades RVI, mientras que el segundo grupo realiza actividades de estudio o refuerzo académico (luego intercambian roles). En la segunda parte de la sesión (45 min) se desarrollan las actividades planteadas con la temática de la Guía, como realización cálculos, elaboración de tablas y gráficos.

La cuarta sesión consiste en actividades de análisis de los datos observados, se realizan intercambios de lo analizado u observado entre los grupos. Finalmente, cada grupo expone las características del reservorio que analizó con sus resultados sobre los cuales expondrán las conclusiones.

TABLA III
ACTIVIDADES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Sesión			
1ra	Búsqueda de información previa.	Armado de los grupos y orden de trabajo	Pautas de uso del equipamiento. Cuidado del mismo.
2da	Presentación de la Guía	Presentación del visor y los elementos de navegación	Presentación del modelo de Cuenca del software.
3ra	Resolución de cuestionario temático.	Reconocimiento de las capas sedimentarias	Consultas cualitativas de propiedades físicas
4ta	Análisis de tablas, gráficos, etcétera.	Intercambio de lo analizado/observado con otros grupos.	Exposición de los grupos sobre el logro de los objetivos alcanzados

III. GUÍA ORIENTADORA

A. Instructivos de uso seguro de los elementos de RVI

La Guía Orientadora inicia con un instructivo para el uso apropiado y seguro del equipo de RVI.

Es importante que la actividad se desarrolle en el interior en un aula con espacio despejado con suficiente espacio para movilizarse en forma segura (Figura 3). Mientras un alumno

se encuentre realizando la inmersión, los restantes alumnos podrán seguir dicha navegación a partir de la pantalla de la computadora, y/o dispositivos móviles.



Fig. 3. Zona de seguridad de aproximadamente 4 m²

B. Objetivos

El objetivo de esta Guía es orientar a los estudiantes para que puedan experimentar, mediante el uso del visor de RVI y de los comandos, de una exploración por la cuenca con reservorios, clasificar los estratos sedimentarios, desplazarse hacia los pozos y caracterizar los resultados observados en los diferentes niveles de cada pozo. A modo de ejemplo de lo observado en la RVI se muestra en la figura 4 una vista superior.

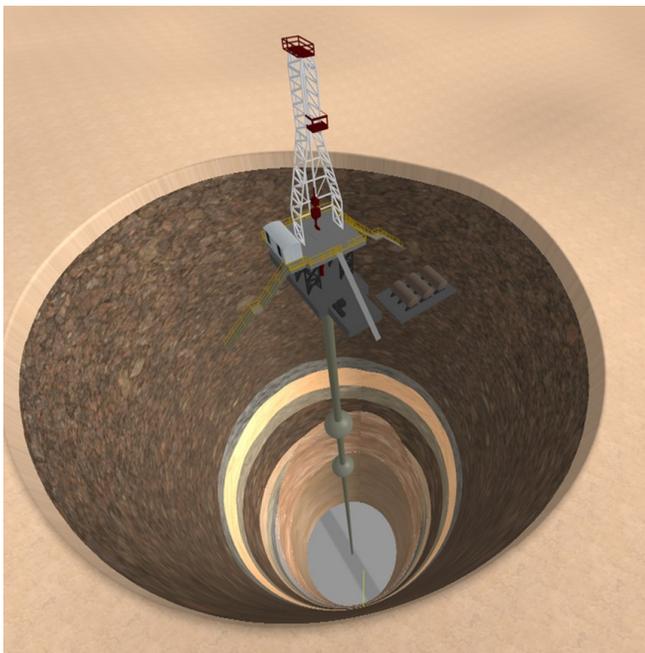


Fig. 4 Vista de una torre de perforación en pozo y sus niveles de profundidad (imagen tomada de Marino[5]).

C. Cuestionario y resolución de problemas

La actividad propiamente dicha se inicia con un breve cuestionario de desarrollo o de elección múltiple para introducir al alumno en la temática de la actividad. Tales como, geodinamia, cuencas, relleno sedimentario, mineralogía, fluidos, estratigrafía, tiempo geológico, mapas y cortes geológicos, escalas y, toda otra variable que permita entender el reservorio y su contexto geológico. Con estas herramientas podrán abordar los problemas orientados a la determinación y cálculo de propiedades físicas a partir de la medición de diferentes magnitudes, como densidad, velocidad de propagación del sonido en las rocas, permeabilidad y porosidad, tipos de fluidos, entre otras.

D. Uso y aplicación del Software “RVI Reservorios-Cuencas”

En el diseño desarrollado el alumno puede navegar libremente en el volumen 3D que representa la cuenca (Figura 5).

Con el propósito de dar una impresión más real la cuenca se ha perforado con cuatro pozos en diferentes lugares, por lo que los alumnos podrán ver en la superficie cuatro torres de perforación. Cada uno de estos pozos tiene distinta profundidad alcanzando el mismo estrato, pero en otra locación, o bien, atravesando dos o más de los estratos sedimentarios.

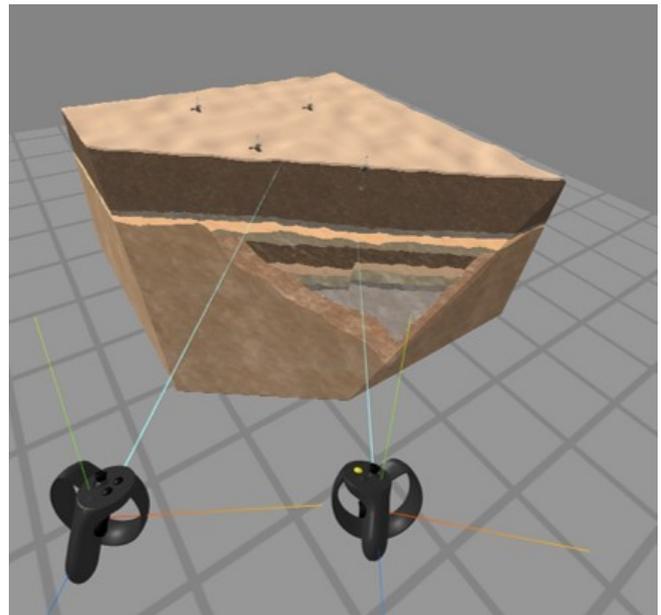


Fig. 5 Vista 3D de la cuenca en RVI con un corte en plano oblicuo, pozos en la superficie superior y los elementos de navegación (imagen tomada de Marino [5]).

Mediante el uso de joysticks es posible posicionar ciertos objetos 3D denominados “operadores booleanos” (esfera, plano o cilindro) que permiten recortar el volumen de la

cuenca en forma interactiva, sustrayendo así porciones de suelo y permitiendo al usuario visualizar el interior de la cuenca, como se observa en la figura 6.

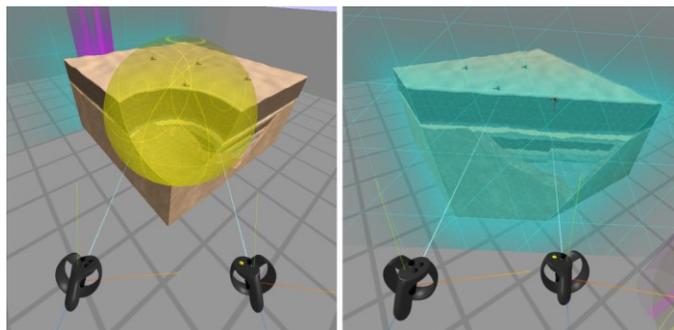


Fig. 6 Operadores booleanos manipulados mediante controles de mano: izq. operador esfera y der. operador plano (imagen tomada de Marino [5]).

Además, al accionar los controladores de mano con los botones apropiados puede seleccionar niveles en pozos donde se despliegan tarjetas informativas con datos de propiedades físicas, datos tabulados y gráficos que caracterizan a ese estrato. Esta información les confiere a los alumnos los datos necesarios para resolver los cálculos de los problemas de la Guía Orientadora (Figura 7).

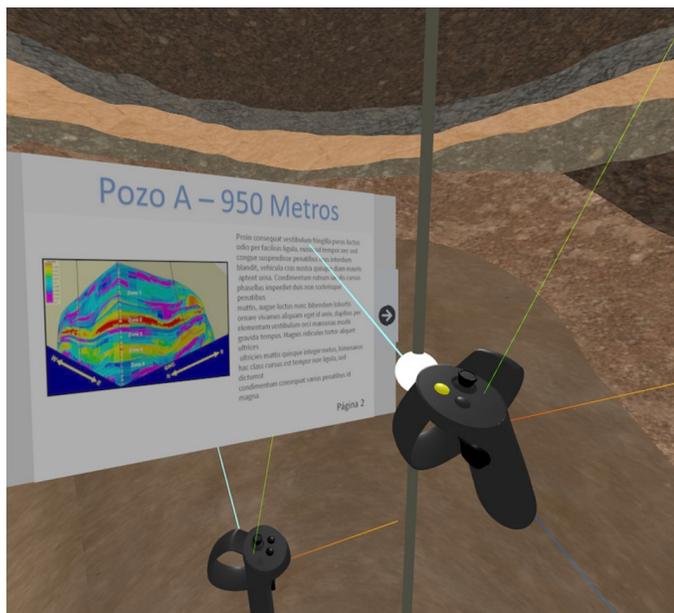


Fig. 7 Información desplegable en el nivel de 950 m del pozo A (imagen tomada de Marino [5]).

E. Desarrollo de la actividad. Elaboración de tablas y gráficos

Posteriormente a la experiencia inmersiva, los estudiantes elaboran tablas, gráficos, realizan cálculos sobre los datos

tomados durante la RVI que les permiten caracterizar los reservorios propuestos.

La actividad concluye con un intercambio grupal de opiniones respecto de la experiencia inmersiva en el “RVI Reservorios-Cuencas” comparada con el trabajo áulico habitual y sobre las experiencias vividas durante las sesiones.

Este tipo de trabajo grupal pone en práctica valores y actitudes propias del pensamiento científico, fomentando el espíritu emprendedor, desarrollando la propia sensibilidad y responsabilidad ante las experiencias individuales y colectivas.

F. Evaluación de la actividad.

Con el propósito de evaluar la exposición oral e informes se preparó una rúbrica para medir el resultado del aprendizaje. Los criterios a evaluar fueron: Comprensión 20%, Terminología y notación 10%, Razonamiento y método de resolución 50%, Trabajo en equipo 10%, Orden, Responsabilidad en el uso del equipamiento y Organización 10%. Los logros de alcance posibles son Excelente, Bueno, Suficiente o Insuficiente según el grado de concreción de la exposición oral o el informe.

III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como primer resultado la inclusión de la RVI como herramienta áulica hace posible el conocimiento aplicado de materias específicas, y el desarrollo del aprendizaje de competencias, gracias al grado de verosimilitud que permite.

La calificación en rúbricas es un método adecuado para la evaluación de los grupos.

En la experiencia el intercambio de opiniones entre docentes y alumnos se concluyó que era necesario incluir otros tipos de cuencas y sus rellenos sedimentarios para poder entender un número mayor de tipos de reservorios. Así como también, agregar mayor información en cada uno de los pozos. Por lo cual, los docentes solicitaron a los desarrolladores cursos de formación para acceder fácilmente a la edición y construir un mayor número de casos de cuencas y reservorios, ya que el software posee la capacidad para editar una variedad de datos, tales como, cuencas sedimentarias, datos de pozo, etc.

Por otra parte, se está incrementando una base de datos consistentes en datos de afloramiento, registros sísmicos, datos corona, perfil sónico, registros de pozos (gamma ray, SP, Resistividad, Densidad/Neutrón, etc.) radiométrico, ensayos de laboratorio (porosidad, permeabilidad, densidad).

Se continuará perfeccionando el software incorporando nuevos elementos propios de cuencas y de reservorios. También, se incorporarán registros de todo tipo.

En un futuro se planea desarrollar aplicaciones que funcionen en forma autónoma en el casco para el uso de tablets.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por los proyectos de Investigación y Desarrollo en Áreas Estratégicas con Impacto Social (PIDAE) RESCS/2019 y del llamado a Convocatoria 2020 de Programación Científica de Ciencia y Técnica de la UBA (UBACYT) Cód. 200201601000088BA ambos de la Universidad de Buenos Aires.

REFERENCIAS

- [1] Aveleyra, E.E. (2018). Aportes para el debate: Las tecnologías en la enseñanza universitaria: nuevos escenarios, nuevos desafíos. C. Nosiglia (comp.). La Universidad de Buenos Aires. Aportes para la CRES, pp.177-189. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires.
- [2] Pantelidis, V. (2009). Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1), 59-70.
- [3] Barredo, S.P., 2012. Geodynamic and Tectonostratigraphic study of a continental rift: The Triassic Cuyana Basin, Argentina. En: Evgenii Sharkov (Ed.): *Tectonics. Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM), Russian Academy of Sciences (Moscow), Russia: 99-130. Rusia. ISBN 979-953-307-841-9.*
- [4] Arecco, M.A.; Larocca, P.A.; Barredo, S.P. (2021). Modelado geomagnético en instalaciones del O&G: estudio de posible corrosión en ductos. En *Actas Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería 2021 CADI CLADI CAEDI 2021*, Ed Luis Fernández Luco [et al.]. Tomo 1, págs. 61-66. <https://drive.google.com/file/d/1IlnO-YyPOSriaYk-l83sBOMJ2nrLxtt/view>
- [5] Marino, Federico; Aveleyra, Ema; Barredo, Silvia; Arecco, María Alejandra; Larocca, Patricia, Savioli, Gabriela, (2021). Aplicación de la realidad virtual a la enseñanza de las geociencias, *Convergencia entre educación y tecnología: hacia un nuevo paradigma*, Editorial EUDEBA, pp. 1133 – 1137. En *XXIV Congreso Internacional de Tecnología Educativa, EDUTECH*, <https://www.eudeba.com.ar/E-book>.
- [6] Marino, Federico, Muñoz Abbate, Horacio. Veiga, Ricardo A., Aveleyra, Ema Elena. Barredo, Silvia, Larocca, Patricia, Arecco, María Alejandra, Savioli, Gabriela, (2021). Visualización de cuencas hidrocarburíferas con realidad virtual, *Sociedad Argentina de Informática (SADIO), Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO), 50 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO), IV Simposio Argentino de Informática Industrial e Investigación Operativa (SIIIO 2021)* <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141659>
- [7] De Antonio Jiménez, A. Villalobos Abarca, M., Villalobos Abarca, E. *Cuándo y cómo usar la Realidad Virtual en la enseñanza* (2000), *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (16), 26-36.
- [8] Taichi S.: “Teaching with Technology”, Reporte Técnico, University of Brown, Diciembre de 1997. <http://www.cs.brown.edu/people/ST/homepage/edsites.htm>