



Desarrollo de una herramienta digital para la simulación de recorridos en plantas industriales

EJE N° 5

Relato de experiencia pedagógica

Juan Marcelo Gauna¹,
Antonio José Barotto¹,
María Laura Tonello¹,
Natalia Raffaelli¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata
marcelo.gauna@agro.unlp.edu.ar;
jose.barotto@agro.unlp.edu.ar;
maria.tonello@agro.unlp.edu.ar;
natalia.raffaelli@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN

El equipo docente de la cátedra de Industrias de Transformación Química abordó la posibilidad de elaborar una aplicación móvil y una aplicación web que permitan realizar una simulación de recorrido interactivo por las etapas de los procesos industriales de obtención de pulpa celulósica y la formación de la hoja de papel.

Esta decisión obedeció al contexto de clases virtuales debido a la pandemia de COVID19 y con el aprendizaje del primer año bajo ASPO, en el cual no se pudieron realizar los viajes de estudio habitualmente planificados para las distintas unidades temáticas de la asignatura en las que se abordan los complejos procesos mencionados.

Así, esta nueva herramienta se ofrece como una alternativa dentro del esquema de virtualización de la enseñanza, configurando una opción pedagógica diferente de la educación convencional.

PALABRAS CLAVE: aplicación; recursos digitales; industria papelera; celulosa y papel.

DESARROLLO DEL TRABAJO



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca sistematizar la experiencia de re-elaboración de propuestas educativas digitales por parte del equipo docente de la materia Industrias de Transformación Química (ITQ), perteneciente al ciclo superior de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Estos nuevos recursos digitales resultan complementarios a los viajes de estudio y salidas al medio.

En nuestro caso, surgió la necesidad de implementar innovaciones educativas en el contexto del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) por la pandemia de COVID19, si bien la integración de tecnologías emergentes en los procesos educativos tiene larga data en la agenda pedagógica (Tagua, 2017). Algunos autores convergen en la idea de que las nuevas formas de enseñar y aprender se deben desarrollar en escenarios ubicuos, en los cuales se consoliden los entornos para usuarios proactivos que gestionan su conocimiento y el uso de herramientas ya disponibles y accesibles.

La mediatización del enseñar ciencias aplicadas con el uso de tecnologías digitales puede extender las posibilidades de construcción de los conocimientos junto a los estudiantes, en tanto se piense en ellos como sujetos activos del proceso, con contextos particulares, posibilidades y limitantes de acceso a dichas oportunidades educativas (Martín, 2018). Los avances tecnológicos trajeron aparejados cambios en la apropiación y creación de los conocimientos y, en el caso de Argentina, al año 2018 existían 62 millones de teléfonos móviles, aunque solamente una décima parte se correspondía con el número de hogares con acceso a internet (Giacoboni, 2018). Frente a los contextos de limitación del acceso al desarrollo tecnológico, la inclusión es un aspecto irrenunciable para quienes construimos conocimiento en la universidad pública. Esto no solo permite renovar los espacios educativos para los estudiantes, sino también para los docentes, quienes debemos reflexionar sobre las prácticas puestas en juego.

Según estudios y análisis del Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (CIPPEC), el sistema educativo argentino tuvo rapidez en su respuesta a la suspensión de clases presenciales mediante impulso pedagógico y acciones de inclusión educativa. Sin embargo, la ampliación de la infraestructura digital de los estudiantes tuvo una evolución menor; lo que se traduce en una brecha digital que profundizó las desigualdades preexistentes (Cardini, 2020). Esta

apreciación, si bien enfocada en los niveles obligatorios de escolarización, puede interpretarse según la situación de los estudiantes universitarios, en tanto los datos relevados por parte del equipo docente de nuestra asignatura, que mediante encuestas de conectividad, arrojó que para casi el 80% de estudiantes, el celular constituía un elemento principal para el estudio y la resolución de actividades, y en algún caso, el único disponible. Si bien no se había dimensionado la importancia, esto coincidiría con observaciones antes de la pandemia en el desarrollo de las clases prácticas: para muchos estudiantes, el celular reemplazó las guías de clase y otras herramientas de estudio.

Algunos aspectos de las nuevas tendencias y modelos de aprendizaje, como el *Mobile Learning* permiten readecuar herramientas y materiales pedagógicos para favorecer el aprendizaje autónomo, la motivación y comprensión de los conocimientos (Trabaldo & Soraide, 2017). De esta manera, los objetos virtuales de aprendizaje se caracterizan por su potencial de reutilización, interoperabilidad, accesibilidad, durabilidad, independencia, autonomía y flexibilidad. Algunos ejemplos de potenciales recursos son las simulaciones, animaciones en HTML5, la multimedia navegable con interacción o las actividades interactivas.

Los recursos digitales permiten el abordaje interactivo y no lineal de comunicación entre los usuarios y el conocimiento puesto en juego. Si bien son centrales en la educación virtual o a distancia, el potencial de este tipo de recursos en la educación convencional es muy amplio (Vallejo & González, 2022). Uno de los tipos de interacción en el proceso de educación a distancia (Moore, 1989), tiene que ver con aquella que se da entre los estudiantes y el contenido. En este sentido, la interactividad es el concepto que describe esta relación, mientras que la interacción estrictamente refiere a la vinculación entre actores del proceso de aprendizaje. A su vez, puede existir una mediación de la tecnología en la interacción entre personas.

Las estrategias interactivas en el marco del aprendizaje permiten enriquecer la experiencia y que la misma sea significativa para los estudiantes. A diferencia de las clases expositivas, estos recursos presentan multiplicidad de dimensiones donde los usuarios pueden comunicarse, ordenar información, evidenciar elementos reales y contextualizar explicaciones, así como dar lugar a nuevas preguntas.

En el desarrollo de un curso universitario de grado, el circuito de diseño, desarrollo,



distribución, implementación y evaluación de los recursos digitales, como es el caso de una aplicación, puede servir como herramienta de guía, integración y énfasis de contenidos básicos (Giacoboni, 2018).

DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Nuestro quehacer docente se desarrolla en el curso de ITQ, asignatura obligatoria del quinto año de la carrera de Ingeniería Forestal, la cual se dicta en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP). En ella, se abordan los diferentes procesos de transformación de la madera (y otros componentes del árbol) mediante procesos químicos para la obtención de diversos productos. Particularmente, el programa de la materia se estructura a partir de tres ejes principales: Procesos de pulpado y producción de papel, Dendroenergía y Productos Forestales No Madereros (PFNM). De ellos, el primero es el más extenso, equivalente a la mitad de la duración de la cursada. Debido a su gran profundidad y complejidad, se pretende que los estudiantes conozcan los principales fundamentos de la elaboración de pulpa y papel, los procesos tecnológicos e industriales, así como otros productos y subproductos derivados de esta industria. Si se busca profundizar en estos temas, hay un gran inconveniente: los libros traducidos al español son escasos y antiguos, y la gran cantidad de bibliografía actualizada se encuentra principalmente en idioma inglés.

En el contexto del segundo año de virtualización de clases debido al ASPO, con el aprendizaje del primer año en el cual no se pudieron realizar los viajes de estudio normalmente planificados para las distintas unidades temáticas de la asignatura y de cara a la segunda edición totalmente virtual del curso de ITQ, surge el interrogante sobre cómo enriquecer el dictado de las unidades de mayor peso y complejidad.

El proceso industrial de la obtención de pulpa celulósica y posterior formación de la hoja de papel, es la más alejada de la experiencia cotidiana de los estudiantes y resulta más dificultosa de comprender si no se realiza una visita técnica de carácter presencial; como ya se dijo, dichos viajes no podían ser coyunturalmente realizados, y sobre ello, la búsqueda de material audiovisual específico de la temática no dio suficientes resultados aprovechables. Sin embargo, se encontraron plataformas online, aranceladas, las cuales eran promocionadas como herramientas para el entrenamiento del personal de estas industrias y donde se pondera el hecho de ser

adaptables a múltiples plataformas. Una de ellas, “knowpulp.com”, presentaba una versión *demo*, o demostrativa, en español, que incluía una versión acotada del sitio y centrada en el proceso de producción de pulpa *Kraft*, el tipo de pulpa predominante en el mercado. A pesar de las limitaciones de esta versión *demo*, se pudo ver las posibilidades que planteaba la plataforma para complementar la formación de los estudiantes, mediante una adaptación centrada en intereses pedagógicos. Por eso, desde el equipo docente de la cátedra, se abordó la posibilidad de elaborar una aplicación móvil y una aplicación web propias, que permitieran realizar un recorrido interactivo por las etapas de los procesos mencionados y profundizar sobre los aspectos teóricos desarrollados en las clases por videoconferencia sincrónica.

Ambas interfaces fueron seleccionadas en función de las oportunidades de acceso a dispositivos digitales que podrían presentar los estudiantes, presentando el mismo contenido. Se pensó en la aplicación web con Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML¹), CSS² y JavaScript³ para el caso de estudiantes con acceso a computadoras personales, mientras que la propuesta de aplicación en formato Paquete de Aplicación Android (APK⁴) consideró los casos de acceso a *smartphones* y *tablets* con sistema operativo Android, fácilmente instalables y de distribución libre y gratuita.

Dichas herramientas interactivas permitirían que los estudiantes realicen de manera autónoma una “visita virtual” a una planta industrial de procesamiento de madera y pulpa celulósica, con cuadros de diálogo, ilustraciones, videos e imágenes reales mediante los cuales pueden intervenir sobre el contenido y el nivel de profundización de cada etapa de producción.

En la figura 1 se ilustra la pantalla de inicio de las aplicaciones y la posibilidad de navegación tanto a partir del menú como de los elementos interactivos en la representación de la planta.

1 <https://es.wikipedia.org/wiki/HTML>

2 https://es.wikipedia.org/wiki/Hoja_de_estilos_en_cascada

3 <https://es.wikipedia.org/wiki/JavaScript>

4 [https://es.wikipedia.org/wiki/APK_\(formato\)](https://es.wikipedia.org/wiki/APK_(formato))

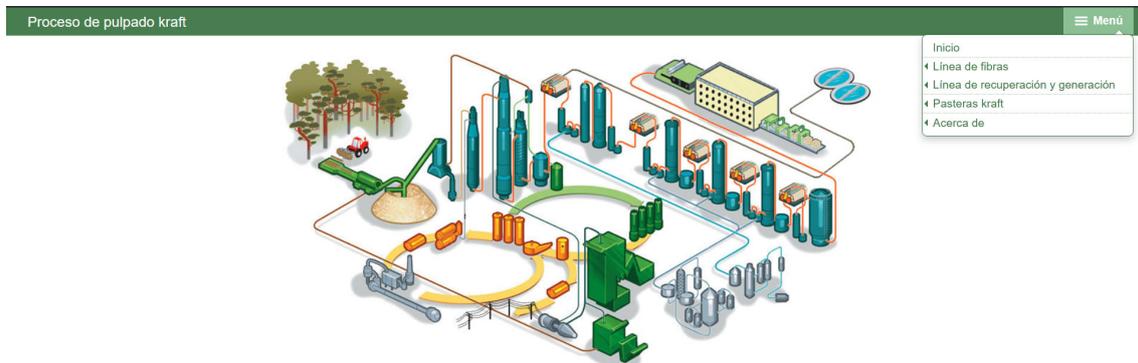


Figura 1. Pantalla de inicio de la aplicación

Con base en esta descripción más amplia, a continuación, presentamos el relato en primera persona de uno de los integrantes de la cátedra, José Barotto, donde se detalla el “paso a paso” de cómo fue llevada a cabo.

Mi primera idea fue desarrollar una aplicación web, es decir, una aplicación escrita en formato html que se podría ejecutar con navegadores web. Para ello no sólo debía desarrollar el software de la aplicación, sino además cargarlo de contenido. Para lo primero, me basé en la versión demo de knowpulp⁵, la cual, gracias a mis rudimentarios conocimientos en programación web pude utilizar de “esqueleto” para desarrollar sobre ella una versión propia, que respondiera a nuestras necesidades y que fuera posible de realizar con mis limitaciones de formación. Esta aplicación demo comienza con una representación gráfica de los diferentes procesos que se desarrollan dentro de una planta de pulpado Kraft, con los cuales se puede interactuar y acceder a los mismos, desplegándose una nueva página donde se profundiza la información respectiva a dicho proceso, con textos e imágenes alusivas a través de las cuales se puede navegar. En base a esto, junto con el equipo de trabajo se decidió mantener esta estructura, ya que resulta intuitiva y permite recorrer el contenido libremente.

En cuanto a los contenidos, puedo mencionar varias circunstancias que delimitaron el universo abarcado en esta primera etapa de la innovación. Por un lado, las grandes ventajas que ofrece la producción de pulpas a través del proceso Kraft, o al sulfato, hace que estas sean las pulpas de mayor producción a nivel global, y las industrias

⁵ <https://www.knowpulp.com/es/home-2/>



que aplican este proceso las de mayor número y tamaño. Esto, ya de por sí, la vuelve un objeto relevante sobre el cual profundizar los contenidos abordados durante la cursada. Además, la industria de la pulpa y el papel, como toda industria relativamente pesada, cuenta con un significativo desprestigio a nivel social, sobre todo cimentado en los problemas de contaminación evidenciados en su pasado cercano. Si bien todos los procesos de producción de pulpas celulósicas presentan algún grado de impacto ambiental, el avance en las medidas de control y mitigación de sus emisiones provocan que actualmente las plantas celulósicas modernas, desde el punto de vista de la contaminación, sean comparables a cualquier otra industria.

Hoy en día existen controles estrictos que estas industrias deben cumplir, lo cual ha generado un proceso de innovación por parte de las mismas para mejorar y hacer más eficientes los subprocesos involucrados, económica y ambientalmente. Como consecuencia de esto, la información respecto a las últimas tendencias y métodos se actualiza con mucha velocidad, generalmente en idioma inglés, y los libros que la compendian son publicados por fuera del acceso institucional que se logra a partir de los convenios entre editoriales científicas y el Ministerio de Educación. Todo esto, sumado a la falta de versiones traducidas al español relativamente actuales, configura la segunda circunstancia limitante. Debido al volumen de información a seleccionar, traducir y condensar se volvía necesario un recorte temático, al menos en una primera etapa. En particular, este recorte obedece a la tercera limitante: el tiempo. Este proyecto de innovación comencé a desarrollarlo durante el cuatrimestre previo al de cursada, por lo que debía plantear una propuesta que pudiera desarrollar y concluir en los pocos meses disponibles. Más allá de estas restricciones, al diseñar la aplicación tuve en cuenta la posibilidad de que pudiera expandirse, mejorarse y actualizarse tantas veces como sea necesario.

Teniendo en cuenta las diversas limitantes, me decidí a utilizar de base la representación de los subprocesos involucrados en la fabricación de pulpa Kraft, incluidos en el demo mencionado (aunque no todos ellos desarrollados en la misma), incluso con el agregado de una sección introductoria no incluida originalmente. Para elaborar el cuerpo de contenidos que formarían parte de la aplicación utilicé la herramienta “Documentos de Google” (docs.google.com), de manera de poder redactar el cuerpo de información y que a su vez estuviera disponible para la edición



por parte del resto de los integrantes de la cátedra. Elaboré un índice tentativo con los diversos subprocesos a los que hice referencia previamente y en una primera instancia, realicé un recorte en base al material usado durante las clases, tomando los principales conceptos de cada etapa, realizando algunas adaptaciones necesarias para “hacerlos encajar” en la estructura seleccionada. Culminada esta primera instancia, emprendí la tarea de profundizar los contenidos en base a la selección y lectura de diferentes libros referentes a la temática, con especial énfasis en el nivel de actualización de la información contenida. Como mencioné previamente, la bibliografía más reciente en esta temática (si bien esta realidad no se limita a esta área del conocimiento) se encuentra en idioma inglés, lo cual hizo necesario, además, la traducción de las porciones seleccionadas.

La elaboración de este documento, que constó de 29 páginas, demandó aproximadamente 2 meses (de acuerdo con el control de versiones, del 14 de junio al 9 de agosto de 2021), tiempo durante el cual la profesora adjunta del curso realizó correcciones periódicas del manuscrito. Paralelamente a la escritura, fui reescribiendo el código del demo para simplificarlo y adaptarlo a los objetivos planteados para la aplicación web, y comencé a cargar el contenido correspondiente a las diferentes secciones. Además del texto, decidí agregar imágenes que faciliten la fijación de los contenidos seleccionados, para lo cual recurrí a diferentes fuentes, principalmente los diversos libros consultados y las páginas web de fabricantes de equipamiento.

La idea original para esta aplicación web era que formara parte del aula virtual de la cátedra, pudiendo acceder desde ella, debido a que, a raíz de la pandemia, el acceso a los sitios con dominio “.edu.ar” estaba bonificado por algunas de las empresas de telefonía y no les insumiría gastos de datos, en caso de acceder a través del celular. Ello requería que la aplicación estuviera alojada en algún servidor de la facultad. Al ponerme en contacto con el departamento de informática de la facultad, me comunicaron que no era posible alojar el sitio dentro de su servidor sin pasar previamente por una serie de instancias administrativas, lo que, dados los tiempos, no hubiera hecho posible su implementación. Además, el hecho de usar fuentes multimedia con derechos, implicaba la necesidad de gestionar los permisos necesarios para su publicación. Teniendo en cuenta estas restricciones, nos

decidimos por alojar la aplicación web dentro del aula virtual compilada como un archivo RAR⁶, pudiendo ser descargada y ejecutada desde cualquier computadora con un navegador web.

El último paso, una vez que la aplicación web estuvo terminada, fue analizar la posibilidad de hacer una versión móvil. La idea era encontrar una aplicación que hiciera posible utilizar la aplicación web en teléfonos móviles. De todas las opciones disponibles, nos decantamos por la aplicación Apache Cordova⁷, la cual permite la creación de aplicaciones híbridas (móvil/web), tanto para Android⁸ como para iOS⁹, a partir de código HTML, CSS y JavaScript. Luego de varios intentos y consultas en diferentes foros y tutoriales, pude compilar exitosamente la versión móvil, la cual se encuentra disponible en el aula virtual para su descarga e instalación.

CONCLUSIONES

La experiencia relatada anteriormente da cuenta de cómo el contexto, a distintos niveles, así como las trayectorias personales de las y los sujetos involucrados, influyen sobre las características de las innovaciones que se desarrollan en el marco de una cursada. En este sentido, las circunstancias impuestas por la pandemia, con la consecuente virtualización de la enseñanza, así como el crecimiento en el uso de dispositivos móviles para la vida cotidiana, incluido el estudio, moldearon las particularidades de la propuesta, la cual buscó acercar el objeto de estudio, en este caso las características del proceso de pulpado *kraft*, a las y los estudiantes. Por otro lado, la disponibilidad de herramientas libres y/o gratuitas para la mediatización de contenidos, permite expandir los horizontes del aula e imaginar nuevas formas de transmisión, por fuera de las tradicionales. Como pendiente, queda la tarea de generar herramientas que brinden una retroalimentación de parte de las y los usuarios, que nos permita relevar el grado de pertinencia que le asignan en el marco de su formación y cuáles aspectos se podrían mejorar o cambiar a tal fin.

BIBLIOGRAFÍA

- 6 <https://es.wikipedia.org/wiki/RAR>
- 7 https://es.wikipedia.org/wiki/Apache_Cordova
- 8 <https://es.wikipedia.org/wiki/Android>
- 9 <https://es.wikipedia.org/wiki/iOS>



- Cardini, A. (2020). *¿Cuál fue la respuesta del sistema educativo argentino ante la pandemia?* CIPPEC. <https://www.cippec.org/textual/cual-fue-la-respuesta-del-sistema-educativo-argentino-ante-la-pandemia/>
- Giacoboni, G. (2018). I JORNADAS DE INCLUSIÓN DE TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA EDUCACIÓN VETERINARIA. En *I Jornadas de Inclusión de Tecnologías Digitales en la Educación Veterinaria* (Vol. 1).
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71514>
- Moore, M. G. (1989). Editorial: Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*, 3(2), 1–7.
- Tagua, M. (2017). INNOVACIÓN EDUCATIVA: Aprendizaje ubicuo con herramientas móviles. *IV Jornadas de TIC e Innovación En El Aula*.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65245/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Trabaldo, S., & Soraide, M. (2017). Diseño y desarrollo de materiales de aprendizaje personalizados en dispositivos móviles para diferentes asignaturas. *IV Jornadas de TIC e Innovación En El Aula*, 1–7. <http://onclickrev.com/afu.php?zoneid=1368282&var=1220488>
- Vallejo, A., & González, A. (2022). Experiencia de capacitación docente en la creación de recursos digitales en H5P : caja de herramientas para la interactividad Teacher training experience in creating digital resources in H5P : toolbox for interactivity. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 25(13), 120–134.