

Laboratorio Basado en Web de Estadísticas y Probabilidad Multimedia con Spring Boot y React.js de apoyo a la enseñanza

Web-Based Laboratory of Multimedia Statistics and Probability with Spring Boot and React.js to support teaching

Rubén Peredo Valderrama¹ y Iván Peredo Valderrama²

¹ Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina con Miguel Othón de Mendizábal, México, D.F., 07738. México
rperedo@ipn.mx

² Universidad Politécnica de Querétaro, Carretera Estatal 420 S/N el Rosario el Marqués, México, Querétaro, CP. 76240.
ivan.peredo@upq.edu.mx

Fecha de recepción: 22 de julio de 2022

Fecha de aceptación: 20 de septiembre de 2022

Resumen. La propuesta muestra un laboratorio basado en Web de estadística y probabilidad multimedia de apoyo a la enseñanza, empleando en el Front-end React.js para la Interfaz de Usuario (User Interface, UI por sus siglas en inglés), mientras que en el Back-end se empleó Spring Boot, para implementar prácticas dinámicas en línea conforme al paradigma de Educación Basada en Web (Web-Based Education, WBE por sus siglas en inglés), conforme a estándares del W3C. La propuesta utiliza componentes de software de React.js para las UI de la aplicación y multimedios. El Laboratorio Basado en Web (Web Based Laboratory, WBL por sus siglas en inglés) de la propuesta tiene distintos módulos para el desarrollo de material educativo didáctico de apoyo a la enseñanza de estadísticas y probabilidad. La propuesta empleó distintos patrones de diseño de software, sobresaliendo los siguientes: composición en el Front-end, y Modelo-Vista-Controlador (Model-View-Controller, MVC por sus siglas en inglés) en el Back-end con Spring Boot, mejorando la seguridad por medio de Spring Security. La propuesta permite a docente y educandos ejecutar prácticas en línea interactivas, disminuyendo la complejidad técnica excesiva, posibilitando desarrollar materiales educativos didácticos reutilizables de calidad de apoyo conforme al paradigma de WBE.

Palabras clave: Estadística y Probabilidad, Componentes, MVC, WBE.

Summary. The proposal shows a web-based multimedia statistics and probability laboratory to support teaching, using React.js in the Front-end for the User Interface (User Interface, UI for its acronym in English), while in the Back-end Spring Boot was used to implement dynamic online practices in accordance with the Web-Based Education (WBE) paradigm, in accordance with W3C standards. The proposal uses React.js software components for the application UIs and multimedia. The Web Based Laboratory (WBL) of the proposal has different modules for the development of didactic educational material to support the teaching of statistics and probability. The proposal used different software design patterns, the following standing out: composition in the Front-end, and Model-View-Controller (Model-View-Controller, MVC for its acronym in English) in the Back-end with Spring Boot, improving security through Spring Security. The proposal allows teachers and students to execute interactive online practices, reducing excessive technical complexity, making it possible to develop support quality reusable didactic educational materials in accordance with the WBE paradigm.

Keywords: Statistics and Probability, Components, MVC, WBE.

1 Introducción

La computadora puede ser la más grande innovación científica y tecnológica de los últimos años. La computadora ha cambiado la manera de como trabajamos, el almacenamiento y organización de la información, también ha influido en cómo nos comunicamos. Las computadoras se encuentran en todas partes, abarcando muchos de los aspectos de nuestra vida diaria, y en el futuro esto llegará a ser más común todavía, además de facilitar cada vez más su uso. La Computadora Personal (Personal Computer, PC por sus siglas en inglés) trajeron la computación a nuestros hogares, siendo Máquinas de Negocio Internacional (International Business Machines, IBM por sus siglas en inglés) un antes y un después en las PCs, dominando el mercado en su momento. La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (Advanced Research Projects Agency, ARPA por sus siglas en inglés) desde su creación buscó desarrollar tecnologías innovadoras, siendo una de ellas ARPANET antecesora de la Internet, la cual es denominada la red de redes, y ha permitido interconectar diferentes equipos de cómputo en una red de escala mundial, siendo su protocolo un protocolo dual denominado Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP por sus siglas en inglés). La Web (World Wide Web, WWW por sus siglas en inglés) es otro punto sobresaliente en la historia de las PCs, siendo su protocolo denominado Protocolo de Transferencia de Hiper Texto (Hyper Text Transfer Protocol, HTTP por sus siglas en inglés), siendo la Web una aplicación que corre sobre la infraestructura de

Internet, facilitando el acceso a grandes cantidades de información a personas no especializadas en los ámbitos computacionales. Las PCs conectadas a la infraestructura de Internet y haciendo uso de la Web ha transformado a la sociedad de maneras impensables hace algunos años [1].

Las matemáticas deben de interpretar y solucionar escenarios complejos, con la finalidad de entender, analizar y transformarlos en lenguaje matemático. Pero muchos de los temas matemáticos tienen conceptos abstractos difíciles de comprender, donde el docente debe de apoyar la curiosidad de los educandos, en un entorno que propicie la investigación y el descubrimiento, promoviendo el pensamiento matemático [2]. La estadística es una ciencia que proporciona métodos y técnicas para compilar, organizar, presentar, analizar e interpretar información para apoyar los procesos de toma de decisión en diferentes áreas. La probabilidad es una disciplina que nos proporciona información de los posibles resultados colectados de una gran cantidad de experimentos, mostrándonos las posibilidades de que ocurra un evento en el futuro, esto nos ayudará a tomar mejores decisiones, además de poder utilizarla para poder hacer inferencias. La importancia de la estadística y probabilidad reside en que nos permite presentar y describir información de manera numérica o gráfica, para poder hacer pronósticos para una mejor toma de decisiones [3]. La estadística y probabilidad son extensamente utilizadas en diferentes materias como: física, matemáticas, ingenierías, etc. La materia es extensamente utilizada de manera independiente, o como parte de otras materias. En el caso concreto del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se imparte la materia a nivel medio superior en varios Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT), Preparatorias, Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), y en varias unidades profesionales a nivel Licenciatura. Otro punto importante a resaltar de la materia es que es base para muchos temas tocados en el Aprendizaje Máquina (Machine Learning, ML por sus siglas en inglés).

Los e-laboratorios han posibilitado prácticas a través de medios electrónicos, actualmente los Laboratorios Basados en Web (Web Based Laboratory, WBL por sus siglas en inglés) han ido tomando cada vez más relevancia. Los laboratorios pueden ser divididos en tres categorías: Laboratorio Tradicional (LT), Laboratorio Remoto (LR), y Laboratorio Virtual (LV). Los LV y LR pueden estar disponibles por medio de: Intranet, Internet, Web, etc., con la finalidad de simular un LT por medio de instrumentos virtuales. La pandemia de COVID-19 que, hasta el día de hoy continúa, ha resaltado las ventajas de los LV y LR respecto a los LT, las ventajas las mencionaremos en seguida: disponible a cualquier hora, desde cualquier lugar, atenuación de costos de instalación y mantenimiento, los educandos pueden avanzar a su propio paso, atenuación de riesgos con sustancias peligrosas, atenuación de instrumentos caros, atenuación de insumos caros, personalización del ambiente virtual, etc. El movimiento Educación con Rumbo estimó que en el ciclo escolar que está finalizando con una deserción de 607,413 alumnos, la Coordinadora de investigación de esta organización, mencionó que la Secretaría de Educación Pública (SEP) le ha quedado a deber a los alumnos, padres y a la sociedad en general, al no tomar medidas para contrarrestar los efectos de aprendizaje provocados por la pandemia COVID-19 [4].

Debido a lo expuesto anteriormente, la pandemia por COVID-19 ha expuesto la falta de herramientas de apoyo en diferentes áreas educativas, haciendo patente la necesidad por nuevas herramientas de apoyo innovadoras, para apoyar el aprendizaje en términos generales, y en nuestro caso concreto en la enseñanza del estudio de la estadística y probabilidad, para desarrollar actividades didácticas relacionadas a la materia para la construcción del conocimiento, cada curso debería contar con actividades específicas de apoyo, las actividades pueden conjuntar recursos didácticos tradicionales con digitales. La propuesta busca apoyar la enseñanza de la estadística y probabilidad, construyendo ejercicios para la enseñanza de la estadística y probabilidad dinámicos, donde el educando pueda analizarlos y ejercitar sus saberes con ejercicios prácticos.

2 Estado del arte

A continuación, mencionaremos algunas iniciativas importantes de LV para la enseñanza de la estadística y probabilidad. La UNAM tiene varios sitios, pero en términos generales son páginas Web estáticas, con materiales de apoyo en Formato de Documento Portable (Portable Document Format, PDF por sus siglas en inglés), y manuales a software de apoyo [5]. La academia Khan es una organización sin fines de lucro, creada por Salman Khan del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology, MIT por sus siglas en inglés), el sitio Web cuenta con ejercicios didácticos, videos y un tablero de aprendizaje personalizado, los videos es el elemento fundamental, la propuesta tiene varias secciones con videos de estadística y probabilidad, con evaluaciones sencillas [6]. La academia Khan tiene a los videos como elementos de contenido y evaluación, con sus pertinentes restricciones de interactividad relativas al multimedia. Geogebra es otra propuesta interesante [7], la propuesta tiene contenidos interactivos, que los profesores pueden crear para diferentes niveles educativos, la propuesta tiene evaluaciones, la propuesta tiene una mejor interactividad, con un limitado manejo de multimedia. La propuesta PhET es una organización sin fines de lucro, tiene recursos educativos sobresalientes para analizar y experimentar, con un enfoque innovador, siendo su elemento fundamental las simulaciones [8]. Las

simulaciones están basadas en estándares soportados por el Consorcio Web Mundial (World Wide Web Consortium, W3C por sus siglas en inglés). Específicamente en el área de estadística y probabilidad cuenta con un simulador denominado Plinko Probability, las simulaciones son interactivas, posibilitando que los educandos puedan analizarlas y ejercitar sus saberes con ejercicios interactivos.

La propuesta muestra el desarrollo de un WBL multimedia especializado de apoyo para a la enseñanza de estadística y probabilidad, con entrada de datos interactivos y dinámicos, basada la Interfaz de Usuario (User Interface, UI por sus siglas en inglés) en componentes de software en el Front-end. La propuesta busca ser una herramienta de apoyo en la enseñanza de la estadística y probabilidad, aprovechando las ventajas que proporciona la Internet y la Web. La propuesta utilizó patrones de diseño de software. La propuesta busca atenuar la complejidad técnica intrínseca para desarrollar contenidos educativos multimedia interactivos, aprovechando las ventajas que proveen la Internet y la Web, permitiendo ejercicios interactivos multimedia, en los cuales los educandos prueben sus saberes a prueba con experiencias prácticas donde puedan experimentar, enriqueciendo sus experiencias.

3 Metodología usada

La UI del Front-end de la propuesta se basó en los componentes de React.js aportando: conquistar la complejidad, lidiar con el cambio, y reusó [9]. Los componentes fueron las unidades de construcción de la UI del Front-end de la propuesta. La propuesta utilizó la librería React.js, escribiendo los componentes con ECMAScript 6. La librería React.js aportó lo siguiente: gratuita, código libre, 100% JavaScript, trabaja con múltiples Back-end, componentes UI, Modelo Objeto Documento (Documento Object Model, DOM por sus siglas en inglés) Virtual, React Native, etc. [10]. Gran parte de los navegadores Web actuales soportan ECMAScript 5 (JavaScript 5), y algunos tienen todavía un soporte limitado de ECMAScript 6 (JavaScript 6), por lo cual se utilizó un transpilador para convertir el código desde ECMAScript 6 a la versión ECMAScript 5, empleando Webpack para esto, que es un empaquetador de recursos para aplicaciones JavaScript modernas. Webpack transpilo el código a través de cargador: babel-loader. La inyección del código resultante en páginas basadas en el Lenguaje de Marcado de Hiper Texto (Hyper Text Markup Language, HTML por sus siglas en inglés) se efectuó a través del plug-in: html-webpack-plugin y del cargador: html-loader.

La Figura 1 muestra el diagrama de componentes UML del Front-end de la propuesta. El Front-end se implementó con componentes de software con la librería React.js. En la parte izquierda de la Figura 1 se presenta el componente BrowserRouter, este es la implementación de un ruteador que utiliza el objeto history de HTML 5 para sincronizar la UI con el Localizador de Recurso Uniforme (Uniform Resource Locator, URL por sus siglas en inglés) correspondiente, además es el contenedor de todos los demás componentes, abajo tenemos el componente App, el cual sería el segundo componente en importancia de la propuesta, ya que contiene a todos los demás componentes: Login, MostrarPreguntas, Home, InfoPregunta, NuevaPregunta, ProbarPregunta, EditarPregunta, Gráfico y Timer; estos tienen dependencias de contexto con los componentes: react, ChartJS, chartjs-2, react-router-dom, react-bootstrap, axios, y jquery. Como se puede ver de la Figura 1 la propuesta implementa un Crear, Leer, Actualizar y Borrar (Create, Read, Update, and Delete, CRUD por sus siglas en inglés), estos son utilizados a lo largo de la propuesta para la creación de contenidos y evaluaciones del Laboratorio Basado en Web de Estadística y Probabilidad Multimedia. La propuesta en la Vista del patrón MVC utilizó Thymeleaf, que es un software de código libre con licencia Apache 2.0 [11], el cual es un motor de plantillas Java para XML/XHTML/HTML 5, tiene una integración muy completa con el marco de trabajo Spring, busca ser un reemplazo de las JSP. Un punto importante a resaltar durante el desarrollo de la propuesta fue la integración de la Vista con el Controlador dentro del patrón MVC, como se ha mencionado anteriormente, las dos tecnologías principales para la Vista fueron: Thymeleaf y React.js, en el caso de React.js nos permite crear aplicaciones denominadas Aplicaciones de Página Simple (Single Page Application, SPA por sus siglas en inglés), lo que implica que cada aplicación contiene múltiples UI, esto nos ocasionó un problema al utilizar la notación @Controller de Spring Boot, ya que no nos redireccionaba a la vista correspondiente del BrowserRouter de React.js, esto se solucionó modificando el URL relativo dentro del Controlador y redireccionándolo al mismo componente.

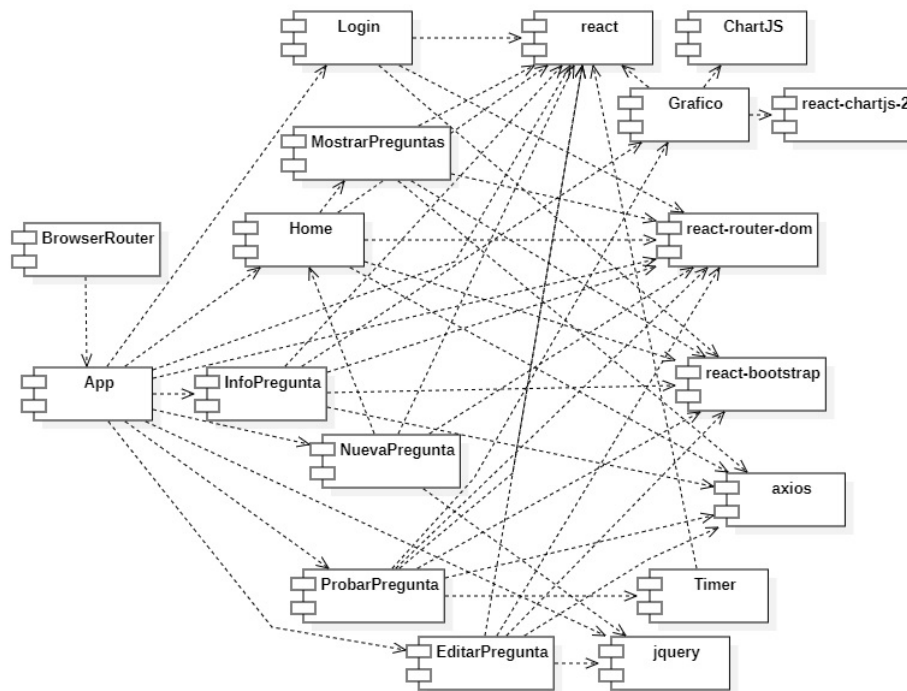


Figura 1. Diagrama de Componentes UML del Front-end de la UI.

La Figura 2 presenta la arquitectura general de la propuesta presentando el Front-end y Back-end, el cambio más significativo respecto a propuestas previas, ha sido el cambio del marco de trabajo a Spring Boot, donde el marco de trabajo Spring está basado en Java, el cual tiene una gran cantidad de características avanzadas para cualquier proyecto, Spring Boot es un marco de trabajo que simplifica los problemas de Spring. Antes de la introducción de Spring Boot, algunas veces los desarrollos se detenían en la configuración inicial de Spring, ya que requería de un archivo de configuración basado en el Lenguaje de Marcado Extensible (Extensible Markup Language, XML por sus siglas en inglés), requiriendo conocimientos especializados para su creación. Para resolver estos problemas, Spring Boot fue desarrollado, resolviendo los problemas de configuración de Spring. La implementación del patrón Modelo Vista Controlador (Model View Controller, MVC por sus siglas en inglés) fue implementado con Spring Boot y la interfaz WebMvcConfigurer, como se puede ver en la Figura 2. Otro patrón sobresaliente es el Objeto de Acceso a los Datos (Data Access Object, DAO por sus siglas en inglés), para la implementación se llevó a cabo con el marco de trabajo Spring Boot 2.7.2 [12] y como Entorno de Desarrollo Integrado (Integrated Development Environment, IDE por sus siglas en inglés) se utilizó Spring Tool Suite 4.15.1 [13], utilizando el servidor Web Apache Tomcat 9.0.65 [14]. La base de datos se implementó con MySQL 8.0.12 [15], que en conjunto con las clases de la lógica de negocio de la propuesta conforman el Modelo. Las Vistas son las UI de la propuesta con las que interactúa el usuario con el sistema, codificadas en React.js y con componentes personalizados propios y de terceros con base en el patrón composición, el Front-end se ejecuta desde el navegador Web del usuario. El Controlador en la propuesta se denomina ApplicationController implementado con la notación @Controller, que de acuerdo a la petición del usuario lleva a cabo la acción correspondiente y su lógica de negocios asociada. En la Figura 2 se puede ver dos módulos denominados: Metaetiquetado Modelo de Referencia Objeto Contenido Compartido (Sharable Content Object Reference Model, SCORM por sus siglas en inglés) y XML, implementados con la librería JDOM para crear los archivos XML de configuración de los componentes [16]. En la Figura 2 también se puede ver un módulo de subida de archivos (Uploading), que nos permitió agregar los multimedia de los contenidos/evaluaciones, permitiendo enriquecer las experiencias de los educandos.

El módulo de persistencia de la propuesta se llevó con Spring Data, este es un marco de trabajo contenido en la plataforma de Spring, que busca simplificar la persistencia de datos. La Figura 2 nos muestra la implementación del patrón DAO, utilizando: Spring Data, API de Persistencia Java (Java Persistence API, JPA por sus siglas en inglés), Hibernate y Conectividad de Base de Datos Java (Java Data Base Connectivity, JDBC por sus siglas en inglés). Permittiéndonos relacionar las estructuras del modelo relacional con las estructuras lógicas en el modelo Orientado a Objetos (Object Oriented, OO por sus siglas en inglés), permitiéndonos mejorar la mantenibilidad y escalabilidad de la propuesta.

4 Resultados experimentales

La Figura 3 muestra la UI del CRUD del WBL de la propuesta, donde se pueden ver las opciones: Añadir nueva pregunta, Ver pregunta, Editar pregunta, Eliminar pregunta, y Cerrar Sesión. La propuesta utiliza Spring Security para autorizar a los usuarios los recursos de acuerdo a su rol, la integración de Spring Security utiliza Thymeleaf para la capa de la vista, teniendo los siguientes roles: administrador, profesor y estudiante. Para configurar Spring Security se creó la clase WebSecurityConfig derivada de WebSecurityConfigurerAdapter para la autorización y autenticación, posibilitando el acceso a los recursos en función del rol, además de autenticar a los usuarios por medio del Login, la autorización se implementó utilizando la integración de las etiquetas personalizadas de Thymeleaf con Spring Security.

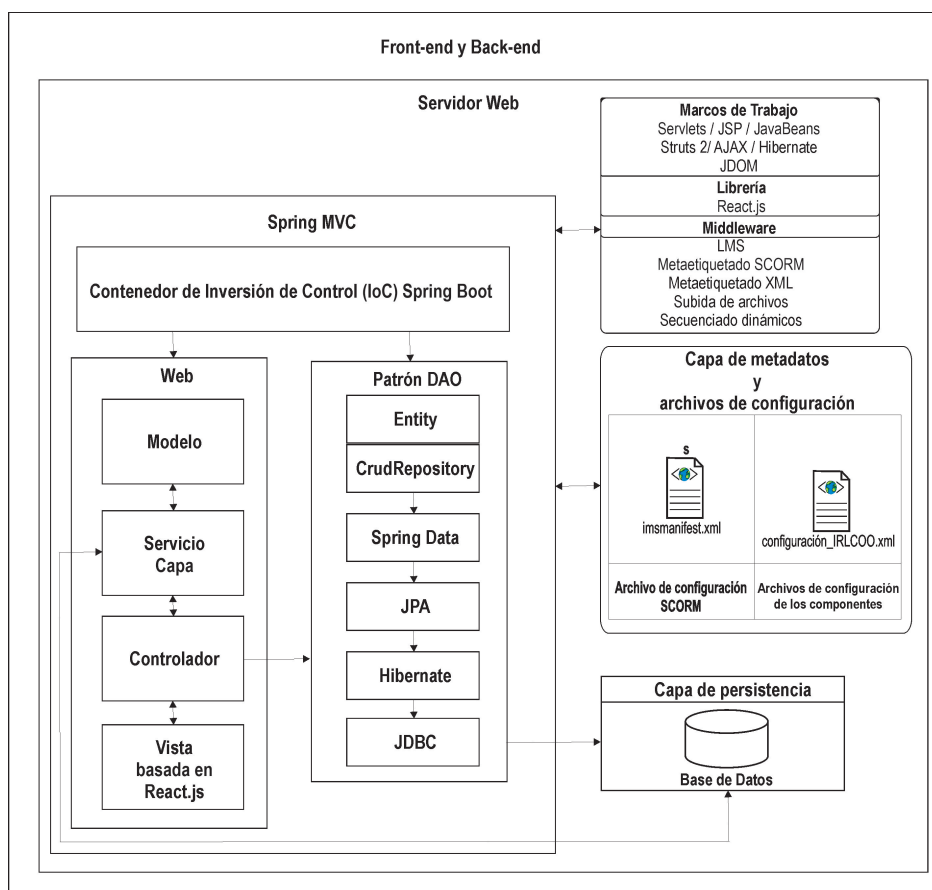


Figura 2. Arquitectura general de la propuesta.

La Figura 4 muestra la UI de la opción Añadir nueva pregunta del WBL de la sección de estadística de la propuesta, donde se pueden ver las opciones: Media (Mean), Mode (Moda), Primer cuartil inferior (1st QRT), Mínimo (Min), Rango (Range), Mediana (Median), Tercer cuartil superior (3er QRT), Máximo (Max), y Rango intercuartil (IQRT). En la Figura 4 en su parte superior se tiene la entrada de los valores separados por comas.

La Figura 5 muestra la UI del componente ProbarPregunta del WBL de la sección de estadística de la propuesta, en este caso es un cálculo de la media con los valores: 1,2,3,4,5,6,7,8, y 9. En la parte superior derecha de la Figura 5 se puede ver el componente Grafico basado en ChartJS [17], mostrando los datos de entrada en el componente (Entrada), además de poder mostrar el resultado correspondiente del ejercicio (Resultado). En la Figura 5 debajo de los datos se puede ver el componente del temporizador (Timer), que se encarga de tomar el tiempo que tarda el usuario en resolverlo, abajo podemos enviar nuestra respuesta, que al presionar el botón de Enviar nos muestra si la respuesta es correcta o incorrecta. La propuesta, además de lo mostrado en la parte de estadística mostrada anteriormente, se tienen las opciones en la sección de probabilidad siguiente: Cálculo de Probabilidad, y Cálculo de Distribución de Probabilidad.

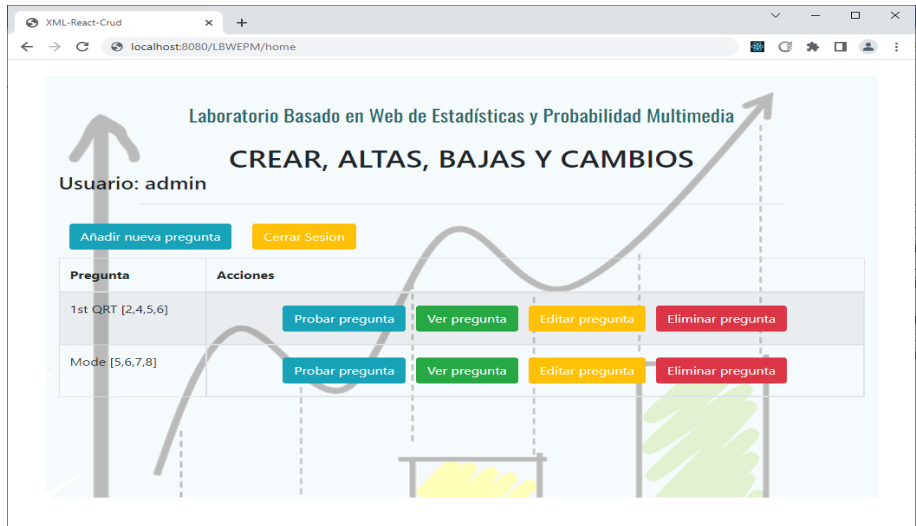


Figura 3. UI del CRUD del WBL de la propuesta.

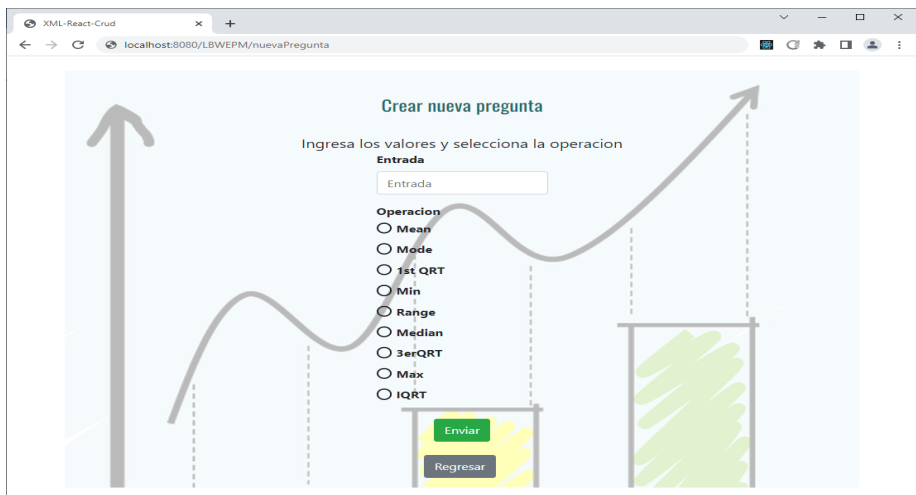


Figura 4. UI del componente NuevaPregunta del WBL de la sección de estadística de la propuesta.

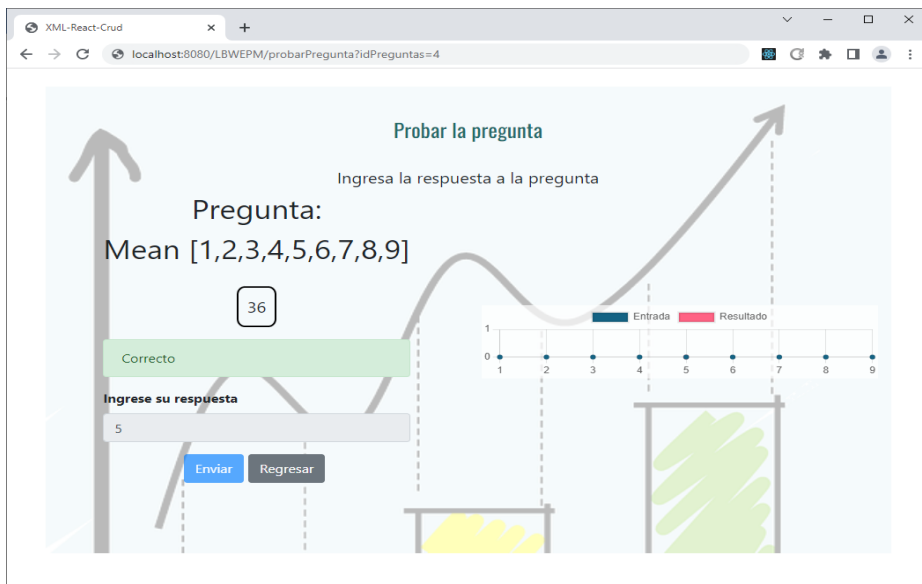


Figura 5. UI del componente ProbarPregunta del WBL de la sección de estadística de la propuesta.

5 Conclusiones y Trabajo Futuro

La propuesta presenta un WBL de apoyo a la enseñanza a la estadística y probabilidad, facilitado la creación de contenidos y evaluaciones multimedia interactivas como material didáctico de apoyo, atenuando la complejidad técnica involucrada asociada basada en componentes. La UI del Front-end se codificó con componentes React.js con componentes pre construidos de otros. El Front-end codificó los componentes de la UI basados en componentes más simples basados en el patrón de composición en el Front-end, buscando mejorar la reutilización de la propuesta. Los materiales didácticos de apoyo a la enseñanza a la estadística y probabilidad pueden ser ensamblados en minutos atenuando la complejidad técnica asociada.

En el Back-end respecto a propuestas previas se decidió utilizar el marco de trabajo Spring Boot, como mencionamos anteriormente, fue un reto desarrollar en un principio debido a la complejidad de Spring, pero esto se simplificó un poco con Spring Boot, el marco de trabajo tiene incorporadas características avanzadas como: persistencia, patrón MVC, autenticación, autorización, etc. La capa de persistencia se implementó utilizando Spring Boot con: MySQL 8.0.12, Hibernate, patrones: DAO y MVC, esto posibilitó que los materiales didácticos de apoyo de la propuesta sean dinámicos, interactivos, y actualizables, para que los estudiantes puedan poner a prueba sus saberes, analizando sus respuestas con ejercicios prácticos multimedia interactivos. Spring Boot también nos permitió habilitar la autenticación de los usuarios, y acceso a los recursos con base a sus roles. La propuesta es un WBL con los siguientes beneficios: accesible a cualquier hora, y desde cualquier lugar, tomando esto un valor muy importante ante la pandemia por COVID-19 que hasta el día de hoy seguimos padeciendo. La propuesta permite agregar multimedia de apoyo adicionales a los materiales didácticos de apoyo, para apoyar a los estudiantes en sus ejercicios, los materiales didácticos de apoyo actuales se pueden adecuar a nuevas iniciativas pedagógicas posteriores. La propuesta ha utilizado librerías y marcos de trabajo gratuitos, buscando reducir los costos de licenciamiento del prototipo lo más posible, con el objetivo de que en versiones de producción los costos sean reducidos, los patrones de diseño de software han posibilitado una gestión del cambio más adecuada del proyecto, para adecuarlo a requerimientos posteriores. La integración de tecnologías: Hibernate, patrones: DAO, y MVC ha mejorado la escalabilidad de la propuesta, permitiendo en un futuro migrar si se requiere a una base de datos gratuita. En cuanto a trabajo futuro de la propuesta, hay varios aspectos que se pueden mejorar, enumerando a continuación algunos: agregar más patrones de diseño de software, desarrollar más componentes personalizados de la UI del Front-end, análisis de datos automatizado de las métricas que está produciendo el estudiante, agregar un módulo de Inteligencia Artificial (Artificial intelligence, IA por sus siglas en inglés), etc.

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen a la Universidad Politécnica de Querétaro, al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM) por su apoyo para este trabajo dentro del proyecto SIP: 20221765. Los autores desean reconocer a todos sus colegas y a los estudiantes en general que participaron en el diseño y desarrollo del software, y materiales de aprendizaje descritos en este artículo, y en particular a los estudiantes: Beltrán Vargas Roberto Mauricio, Bernal Trani Marco Antonio y Ruvalcaba Flores Martha Catalia.

Referencias

- [1] Eric G. Swedin & David L. Ferro, *The Computer: A Brief History of the Machine That Changed the World* (2022) California, USA.
- [2] Róbinson Castro Puche Rubby Castro Puche, *Algebra desde una perspectiva didáctica* (2014) Bogotá, Colombia.
- [3] Ana Laura Gutiérrez Banegas, *Probabilidad y Estadística. Enfoque por competencias* (2012) CDMX, México.
- [4] Alta deserción escolar y rezago en grados, advierte educación, URL: <https://mvsnoticias.com/nacional/2022/7/26/alta-desercion-escolar-rezago-en-grados-advierte-educacion-560201.html>
- [5] ecocuan, materiales de estadística - Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, URL: <https://www.zaragoza.unam.mx/ecocuan-materiales-de-estadistica/>
- [6] Statistics and Probability | Khan Academy, URL: <https://www.khanacademy.org/math/statistics-probability>
- [7] Estadística y probabilidad – GeoGebra, URL: <https://www.geogebra.org/m/fBw5hZMp>
- [8] Plinko Probability - Probability | Statistics | Histograms - PhET Interactive Simulations, URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/plinko-probability>
- [9] Andy Ju An Wang & Kai Qian, *Component-Oriented Programming* (2008) Georgia, USA.

- [10] React – A JavaScript library for building user interfaces, URL: <https://reactjs.org/>
- [11] Thymeleaf, URL: <https://www.thymeleaf.org/>
- [12] Spring Boot, URL: <https://spring.io/projects/spring-boot>
- [13] Spring | Tools, URL: <https://spring.io/tools>
- [14] Apache Tomcat® - Welcome!, URL: <https://tomcat.apache.org/>
- [15] MySQL, URL: <https://www.mysql.com/>
- [16] JDOM, URL: <http://www.jdom.org/>
- [17] Chart.js | Open source HTML5 Charts for your website, URL: <https://www.chartjs.org/>