

# Aplicación Web Graficadora para Regresión Lineal de apoyo bajo el modelo de Educación Basada en Web

## Graphing Web Application for Linear Regression to support the Web-Based Education model

Rubén Peredo Valderrama <sup>1</sup> Iván Peredo Valderrama <sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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: 15 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 24 de abril de 2024

**Resumen.** La presente propuesta presenta una aplicación Web graficadora para regresión lineal de apoyo bajo el modelo de Educación Basada en Web (Web-Based Education, WBE por sus siglas en inglés), basada en componentes de software en el Front-end React.js.js para la Interfaz de Usuario (User Interface, UI por sus siglas en inglés), mientras que en el Back-end se utilizó el framework Spring Boot para implementar el patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador (Model View Controller, MVC por sus siglas en inglés), para realizar prácticas dinámicas de regresión lineal con graficación en línea bajo el paradigma de WBE, basadas en estándares del W3C. La propuesta basada en componentes de React.js.js y la librería de gráficos Highcharts para las UI de la aplicación Web. La aplicación Web cuenta con varios módulos para la construcción de material educativo didáctico de apoyo a la enseñanza de regresión lineal con graficación. Los cálculos de regresión lineal emplea TensorFlow.js.

**Palabras clave:** Aplicación Web, Componentes, MVC, Graficadora, Regresión Lineal.

**Summary.** This proposal presents a Web-based graphing application for linear regression support under the Web-Based Education (WBE) model, based on software components in the React.js.js Front-end. for the User Interface (UI), while in the Back-end the Spring Boot framework was used to implement the Model View Controller (MVC) architectural pattern. , to perform dynamic linear regression practices with online graphing under the WBE paradigm, based on W3C standards. The proposal based on React.js.js components and the Highcharts graphics library for the UI of the Web application. The Web application has several modules for the construction of didactic educational material to support the teaching of linear regression with graphing. Linear regression calculations using TensorFlow.js

**Keywords:** Web Application, Components, MVC, Graphing Machine, Linear Regression.

## 1 Introducción

Las computadoras han revolucionado gran número de actividades humanas, el advenimiento de la Internet, y la llegada de la Web (World Wide Web, WWW por sus siglas en inglés) han posibilitado la creación de herramientas inimaginables hace algunos años, no estando exenta la educación, existiendo un gran número de herramientas educativas prominentes [1]. La pandemia de COVID-19 evidenció insuficiencias educativas sustanciales ante el aislamiento en casa, las instituciones educativas buscaron alternativas para reducir la deserción escolar y lentamente regresar a las actividades académicas normales, pero hubo actividades que requerían de una infraestructura de software mejor, la implementación laboratorios tradicionales es uno de esos casos [2]. El nacimiento de las Tecnologías de la Información (Information Technologies, TI por sus siglas en inglés) han provisto apoyo a cada vez más campos del conocimiento, incluida la educación, las TI tienen cada vez más presencia en las aulas, posibilitando desarrollar nuevos modelos de enseñanza/aprendizaje. Las TI tienen sus pros y contras, con personas a favor y en contra, pero independientemente de esto, estas han llegado para quedarse. Las TI han permitido elaborar nuevos escenarios de enseñanza/aprendizaje desafiantes e interesantes, impensables hace algunos años, pero aparte de que estemos a favor o en contra, debemos examinar la forma de aprovecharlas a nuestro favor. La Web tiene una cantidad importante de aportaciones sobresalientes, pero hay todavía mucho lugar para contribuir [3].

La enseñanza de las matemáticas puede apoyarse con diferentes herramientas de software como: hoja de cálculo, software de graficación de funciones, software de probabilidad y estadística, etc. [4], para reafirmar la comprensión de conceptos complejos con la idea de apoyar su entendimiento, la representación gráfica de una ecuación puede ayudar en su comprensión, y si además mostramos las soluciones en el gráfico, muy posiblemente apoyara a los estudiantes a mejorar su comprensión, muy seguramente es posible encontrar recursos de software libres relacionados con el proyecto a desarrollar.

El Aprendizaje Máquina (Machine Learning, ML por sus siglas en inglés) es una subcategoría de la Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence, AI por sus siglas en inglés), buscando que las maquinas puedan aprender de diferentes maneras. Existen diferentes aplicaciones para el ML como: reconocimiento de imágenes, voz y escritura, sistemas de predicción, vehículos inteligentes, medicina, asistentes personales virtuales, ciberseguridad, etc. Hay tres categorías principales para los modelos con ML: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y reforzamiento de aprendizaje. Los algoritmos de aprendizaje supervisado se categorizan principalmente en: regresión y clasificación. La regresión es ampliamente utilizada por ejemplo en: economía para el estudio de las relaciones entre variables económicas, medicina puede utilizarse para predecir el riesgo de enfermedades, pronósticos de ventas, etc. [5]. La importancia regresión lineal reside en las predicciones que puede hacer. La regresión es parte de diferentes temarios de cursos como: matemáticas, economía, estadística, programación para ciencia de datos, análisis de series de tiempo, modelos econométricos, métodos numéricos, desarrollo de aplicaciones para análisis de datos, etc., de ahí su importancia. La regresión lineal se imparte en diferentes instituciones educativas a nivel superior, y medio superior, formando parte importante de carreras emergentes como ciencia de datos.

La Secretaría de Educación Pública (SEP) ha convocado a autoridades educativas del país a privilegiar acciones para restituir la pérdida de aprendizajes en estudiantes de educación básica, hacer frente al abandono escolar, para garantizar los objetivos educativos, las cuales son consideradas como prioritarias [2]. Pero esta pérdida de aprendizajes no solo afecto a los estudiantes de educación básica, en los niveles de media superior y superior también hubo importantes afectaciones. La pandemia por COVID-19 en su momento ocasiono una pérdida de aprendizajes, pero también exhibió una infraestructura de software deficiente para herramientas de apoyo educativo, con lo cual muchas instituciones educativas empezaron a buscar soluciones, encontrado en la Web una opción importante para construir herramientas de apoyo educativo innovadoras de calidad.

La presente propuesta pretende apoyar la enseñanza de predicción de datos con la técnica de regresión lineal para el análisis de datos, con el fin de desarrollar contenidos educativos didácticos por medio de una aplicación Web graficadora para regresión lineal bajo el modelo de WBE, donde los alumnos puedan interactuar y probar los ejercicios didácticos dinámicos, y los profesores puedan reducir la complejidad en el desarrollo de este tipo de materiales educativos.

## 2 Estado del Arte

Mencionaremos en seguida algunas propuestas existentes para el apoyo de la enseñanza de la regresión lineal. Para empezar la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) tiene varios sitios en línea con el tema de regresión lineal, los cuales básicamente tienen: texto, imágenes, documentos con Formato de Documento Portable (Portable Document Format, PDF por sus siglas en inglés), etc., para la parte de experimentación y graficación se utiliza Excel de Microsoft [6]. Por otra parte, la academia Khan emplea los videos fundamentalmente para los contenidos, cuenta con ejercicios de evaluación simple de tipo opción múltiple y llenado en blanco, además tiene un panel de aprendizaje personalizado, la parte de graficación está limitada a imágenes estáticas, tiene artículos sobresalientes en el tema de la regresión lineal [7]. Geogebra es un emprendimiento para la enseñanza de las matemáticas, resaltando en temas como: algebra, estadística, cálculo, geometría, etc. [8]. La aplicación de Geogebra tiene contenidos didácticos interactivos dinámicos, que la diferencia de las dos iniciativas previas, incluso cuenta con una calculadora para cálculos de regresión lineal [9], utiliza Applets para llevar a cabo actividades como: gráfica, Sistema de Álgebra Computacional (Computer Algebra System, CAS por sus siglas en inglés), geometría, geometría 3D, hoja de cálculo, probabilidad y notas, pero lamentablemente están tecnología esta depreciada [10]. PhET es una propuesta basada en simulaciones computacionales interactivas para la enseñanza/aprendizaje de materias como: física, química, matemáticas y ciencias. PhET busca un aprendizaje basado en la exploración, con apoyo de modelos visuales para la comprensión de conceptos abstractos complejos [11]. Las simulaciones de PhET actualmente ya soportan estándares del Consorcio Web Mundial (World Wide Web Consortium, W3C por sus siglas en inglés), lo que fomenta la compatibilidad entre navegadores Web. Para la regresión lineal PhET tiene un simulador interactivo para regresión por mínimos cuadrados (Least Squares Regression, LSR por sus siglas en inglés) [12], pero no es posible actualmente crear nuevos materiales educativos didácticos reutilizando partes o todo el simulador LSR de PhET.

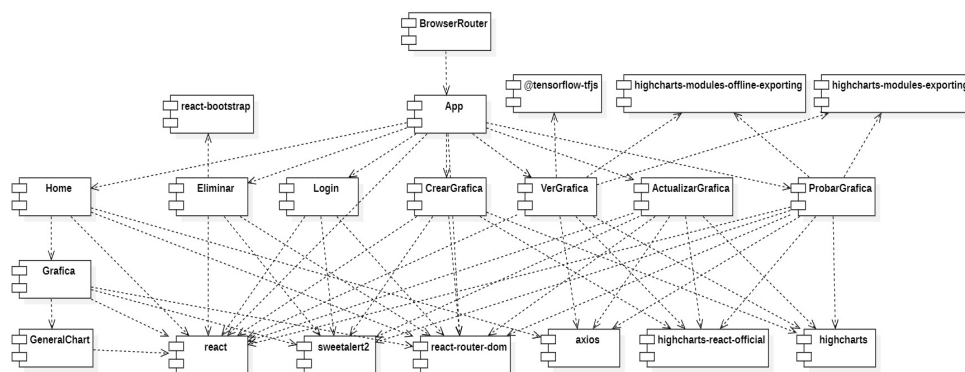
La propuesta expone el desarrollo de una aplicación Web graficadora de apoyo para la enseñanza de la regresión lineal basada en componentes de software del lado del cliente, con el modelo de WBE. La propuesta tiene como intención ser una herramienta graficadora de apoyo en la enseñanza de la regresión lineal, con el paradigma de WBE. La propuesta hace uso de patrones de diseño de software soportados elementos reutilizables, para solucionar problemas recurrentes de la propuesta. La propuesta ofrece crear material didáctico educativo en línea dinámico disminuyendo la complejidad técnica, para que los alumnos puedan poner a prueba sus saberes con experiencias concretas.

### 3 Metodología usada

#### 3.1 Definición de Intenciones y alcance del proyecto

La propuesta empleó la arquitectura Cliente/Servidor, con un Front-end, y un Back-end, se utilizó el patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador (Model View Controller, MVC por sus siglas en inglés) – II, donde el modelo proporciona el soporte para la base de datos, la vista despliega los datos al usuario, y el controlador procesa las entradas con su lógica de negocios y salida correspondiente. En el Front-end se utilizó el patrón de diseño de software composición, basado en componentes de software React.js.js [13], basado en la construcción de componentes complejos con componentes más simples, utilizados para la construcción de las UI de la propuesta conformando las vistas en el patrón arquitectónico MVC-II, para favorecer el requerimiento no funcional (RNF) de compatibilidad de la propuesta, se utilizó el empaquetador de recursos Webpack [14], para codificar el Front-end con los componentes de React.js.js con el lenguaje de programación ECMAScript 6 (JavaScript 6), para después transpilarlo a ECMAScript 5 (JavaScript 5), con la finalidad de favorecer la compatibilidad, ya que la mayoría de los navegadores Web actuales ya ejecutan ECMAScript 5 (JavaScript 5), para llevar a cabo esto se empleó el cargador babel-loader, para transformar el código de la versión 6 a la versión 5. El Back-end utilizó el patrón de diseño de software MVC-II, realizado con el marco de trabajo Spring Boot [15] basado en Java.

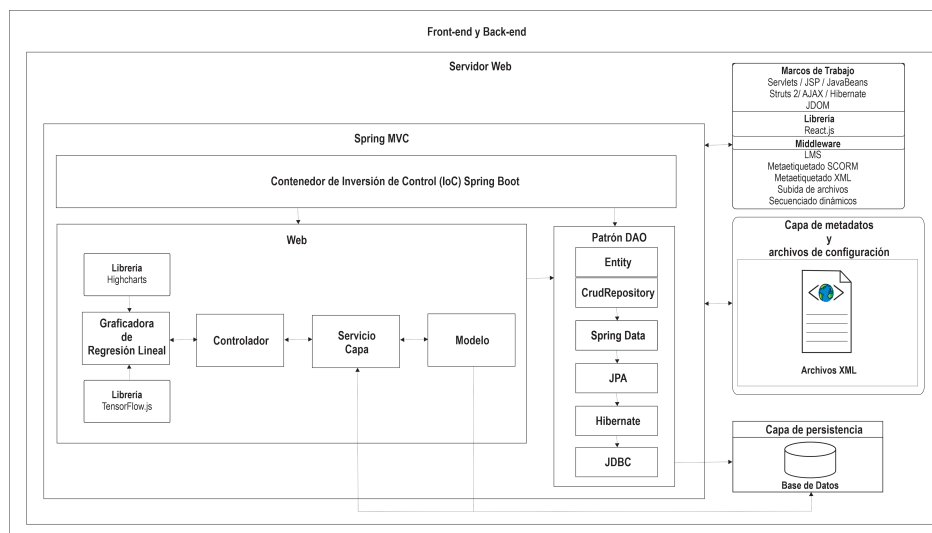
La Figura 1 muestra el diagrama de componentes de software del Lenguaje de Modelado Unificado (Unified Modeling Language, UML por sus siglas en inglés) del Front-end de la propuesta. En la Figura 1 se muestra el componente BrowserRouter, el cual es un ruteador para actualizar las UI de acuerdo con el respectivo Localizador de Recurso Uniforme (Uniform Resource Locator, URL por sus siglas en inglés). El componente App es contenedor del Fron-end, integrado con los siguientes componentes clave: Home, Eliminar, Login, CrearGrafica, VerGrafica, ActualizarGrafica y ProbarGrafica. La propuesta despliega un Crear (Crear), Leer (Info), Actualizar (Editar) y Borrar(Pregunta) (Create, Read, Update and Delete, CRUD por sus siglas en inglés), el profesor debe ser primeramente validado para poder utilizar el componente CRUD, para crear sus ejercicios con la graficadora de regresión lineal. Los componentes: CrearGrafica, VerGrafica, ActualizarGrafica, y Eliminar; implementan el CRUD correspondiente de la propuesta para la graficadora de regresión lineal. La propuesta utiliza una librería JavaScript de gráficos denominada Highcharts [16], basada en gráficos vectoriales escalables (Scalable Vector Graphics, SVG por sus siglas en inglés), posibilitando que las gráficas de la propuesta sean escalables. El componente VerGrafica además utiliza la librería JavaScript TensorFlow.js [17], permitiéndonos agregar el entrenamiento y despliegue de ML para la regresión lineal del lado del cliente en el navegador, se utiliza también la librería React.js-bootstrap para hacer responsiva la propuesta. La implementación de la propuesta se basa en el modelo de componentes de React.js, lo cual nos permitió agregar componentes preconstruidos por terceros listos para utilizarse, e incorporarlos al desarrollo de nuestros componentes en el Front-end.



**Figura 1.** Diagrama de Componentes del Front-end de la propuesta de la graficadora para regresión lineal.

La Figura 2 muestra la arquitectura de la propuesta para la graficadora de regresión lineal exponiendo el Front-end y Back-end, el marco de trabajo empleado fue Spring Boot basado en Java [15]. Spring Boot soporta Mapeado Objeto Relacional (Object Relational Mapping, ORM por sus siglas en inglés), permitiéndonos mapear los registros en entidades, mejorando los RNF de mantenibilidad y escalabilidad. Spring JDBC se utilizó para el manejo de la base de datos con JDBCTemplate, simplificando codificación y configuraciones. La Figura 2 muestra el patrón Objeto de Acceso a los Datos (Data Access Object, DAO por sus siglas en inglés), encapsulando la capa de la base de datos, posibilitándonos operar los CRUD de la propuesta. La Programación Orientada a Aspectos (Aspect Oriented Programming, AOP por sus siglas en inglés) favoreció la modularidad, adicionando comportamientos. Spring MVC posibilitó implementar el patrón MVC-II en la propuesta incorporando: Thymeleaf [18], React.js y TensorFlow.js en la vista. Thymeleaf fue utilizado como un motor de plantillas Java para manejar los documentos XML/XHTML/HTML de la propuesta, React.js se empleó para la construcción de las UI con JavaScript en el Front-end, TensorFlow.js se empleó en el entrenamiento e implementación de los modelos de aprendizaje para llevar a cabo el ML, con JavaScript en el Front-end. Spring Security se empleó para encargarse de la autenticación y el control a los recursos de la propuesta.

La propuesta utilizó el marco de trabajo Spring Boot 2.7.2 [15], en conjunto con el servidor Web fue Apache Tomcat 9.0.76 [19]. La base de datos empleada fue MySQL 8.0.12 [20]. Las vistas se integraron con las tecnologías: Thymeleaf, React.js y TensorFlow.js. La librería TensorFlow.js fue empleada para llevar a cabo los cálculos de regresión lineal usando una red neuronal, ejecutándose en el navegador Web del usuario mostrado en la Figura 2. El controlador ApplicationController utilizó la notación @Controller, que de acuerdo con la petición de entrada del usuario se ejecuta su lógica de negocios, y salida correspondiente, la persistencia se implementó con Spring Data. La Figura 2 muestra también el despliegue del patrón DAO con: 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). La capa de persistencia con el despliegue de las tecnologías antes mencionadas posibilitó entrelazar los modelos orientación a objetos y relacional, mejorando los RNF de mantenibilidad y escalabilidad en la propuesta. La Figura 2 muestra la capa de metadatos y archivos de configuración con Lenguaje de Marcado Extensible (eXtensible Markup Language, XML por sus siglas en inglés) llevados a cabo con la librería JDOM, para los archivos XML de configuración de los componentes [21].



**Figura 2.** Arquitectura de la propuesta de la graficadora de regresión lineal.

## 4 Resultados experimentales

La Figura 3 despliega la UI del CRUD de la Graficadora para de Regresión Lineal, la librería Highcharts tiene diferentes tipos de graficas que a continuación mencionamos: línea, ranura, área, área ranura, columna, barra, circular, dispersión, calibre, rango de áreas, rango de áreas ranura y rango de columnas. La Figura 3 expone las opciones de cada uno de los ejercicios con diferentes tipos de graficas: Visualizar, Modificar, Eliminar y Ejercicio. La seguridad de la propuesta se basa en Spring Security, con etiquetas Thymeleaf, para la autorización de acceso a los recursos de la propuesta basados en su rol, en la propuesta se tuvieron tres roles: administrador, profesor y administrador. La vista de la propuesta conjunto tres tecnologías: Thymeleaf, React.js.js y TensorFlow.js, el

Back-end generalizo la clase derivada WebSecurityConfig desde la clase base WebSecurityConfigurerAdapter para Spring Security, para la autenticación de usuarios, y la autorización a los recursos basado en el rol.

La Figura 4 despliega la UI del ejercicio: “Efectos de diferentes entrenamientos” al dar clic al botón de Visualizar, desplegando la gráfica de área ranura con los datos del ejercicio Efectos de diferentes entrenamientos utilizando regresión lineal, en parte superior se tiene un botón denominado: “Predecir Datos”, que permite predecir el siguiente dato en función de los datos utilizados en la regresión lineal, viéndose reflejado la predicción en la gráfica correspondiente. La propuesta para los cálculos de regresión lineal utilizo redes neuronales con TensorFlow.js. La red neuronal se construyó con una sola capa y un nodo, permitiéndonos representar la ecuación lineal de la forma  $y=mx + c$ , donde m es el peso aplicado en la entrada, y c es el sesgo (bias).



Figura 3. CRUD con ejercicios de la Graficadora para Regresión Lineal.

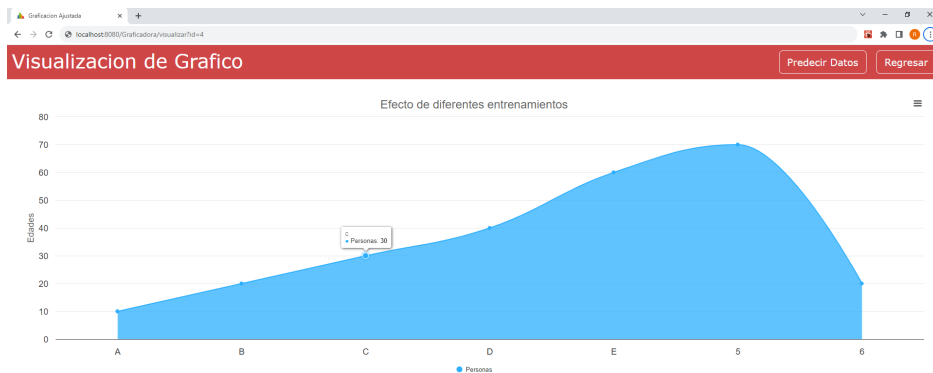


Figura 4. Ejercicio Efecto de diferentes entrenamientos tipo área ranura de la Graficadora para Regresión Lineal con predicción de datos.

## 5 Conclusiones y Trabajo Futuro

La propuesta planteo una Graficadora para Regresión Lineal de apoyo, disminuyendo la complejidad en el desarrollo de contenidos y evaluaciones interactivas utilizándola conjuntamente, con componentes de software para material didáctico de apoyo. La propuesta fue programada con ECMAScript 6 en conjunto con React.js y TensorFlow.js en el Front-end, con componentes propios y componentes preconstruidos por terceros. El Front-end construyo componentes complejos tomando componentes más simples, aprovechando la reutilización, utilizando el patrón de composición para el Front-end de la propuesta. La creación de materiales educativos de apoyo con la integración de la graficadora para desplegar la regresión lineal puede disminuir significativamente, atenuando la complejidad coligada para el profesor.

El Back-end empleo Spring Boot, contando con recursos impresionantes resaltando los siguientes: autenticación, autorización, CRUD generalizados, JPA, Hibernate, ORM, JDBC, AOP, MVC, Inyección de Dependencias (Dependency Injection, DI por sus siglas en inglés), y seguridad. La persistencia fue implementada

con: MySQL 8.0.12, JDBC, ORM, Hibernate, CRUD generalizados, JPA, patrones: DAO y MVC-II. La persistencia posibilita desarrollar materiales educativos interactivos dinámicos, donde los estudiantes pueden poner a prueba sus saberes con experiencias concretas. La propuesta desarrolla los ejercicios para regresión lineal utilizando las librerías: TensorFlow.js, React.js.js y Highcharts. La regresión lineal se lleva a cabo de la siguiente manera: preparación de los datos, construcción del modelo, entrenamiento del modelo, prueba del modelo y predicciones del modelo, posibilitando integrar el ML a la propuesta para la estimación de la regresión lineal, y mostrarla por medio del navegador Web, el tema de regresión lineal es visto en múltiples materias, por lo cual la propuesta es una herramienta interesante de apoyo.

La mantenibilidad y escalabilidad se favoreció con el patrón MVC-II, y de: ORM, JPA, Hibernate, JDBC, DAO. La propuesta busca emplear librerías y marcos de trabajo gratuitos, para disminuir los costos por licenciamiento del prototipo. La única librería que tiene licencia propietaria es Highcharts, pero es gratuita para uso personal, o desarrolladores con proyectos sin fines de lucro; posteriormente en determinado caso puede ser sustituida esta librería en caso de ser necesario. Los patrones de diseño de software en la propuesta proporcionaron elementos reutilizables desde el diseño del sistema, para solucionar problemas recurrentes de la propuesta, mejorado la mantenibilidad, y permitiéndonos actualizar la propuesta debido a cambios futuros en los requerimientos.

En cuanto a trabajo futuro de la propuesta, se pueden trabajar varios aspectos: agregar otros patrones de diseño de software, extender la librería de componentes actual, análisis de las métricas de los estudiantes con ML, agregar otros módulos de AI.

## 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: 20231528. 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: López Cardoza Víctor Josué y Rojas Vázquez José Alonso.

## Referencias

- [1] Eric G. Swedin & David L. Ferro, The Computer: A Brief History of the Machine That Changed the World (2022) California, USA.
- [2] La Jornada - Pide SEP revertir pérdida de aprendizaje y atender abandono escolar, URL: <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/04/21/sociedad/pide-sep-revertir-perdida-de-aprendizaje-y-atender-el-abandono-escolar/>
- [3] Jorge Petrosino, Integración de la tecnología educativa en el aula enseñando física con las TIC (2013) Buenos Aires, Argentina.
- [4] Concepciones en la enseñanza de la Matemática en educación infantil, URL: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-26982009000300005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982009000300005)
- [5] R. Doshi K. K. Hiran, R. Jain, Machine Learning: Master Supervised and Unsupervised Learning Algorithms with Real Examples (2021) India.
- [6] tl\_rmaer: Tutorial Regresión lineal, URL: <https://amyd.quimica.unam.mx/mod/resource/view.php?id=5148>
- [7] Khan Academy, URL: <https://www.khanacademy.org/math/statistics-probability/describing-relationships-quantitative-data/introduction-to-trend-lines/a/linear-regression-review>
- [8] Modelo de regresión lineal. – GeoGebra, URL: <https://www.geogebra.org/m/aZRrGPJU>
- [9] Linear Regression Calculator – GeoGebra, URL: <https://www.geogebra.org/m/tKfVszzp>
- [10] Deprecated APIs, Features, and Options, URL: <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/9-deprecated-features.html>
- [11] PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations, URL: <https://phet.colorado.edu/>
- [12] Least-Squares Regression - Linear Regression | Correlation | Residuals - PhET Interactive Simulations, URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/least-squares-regression>
- [13] React.js – A JavaScript library for building user interfaces, URL: <https://React.js.org/>
- [14] webpack, URL: <https://webpack.js.org/>
- [15] Spring Boot, URL: <https://spring.io/projects/spring-boot>

- [16] highcharts-react-official - npm, URL: <https://www.npmjs.com/package/highcharts-react-official>
- [17] TensorFlow.js | Aprendizaje automático para desarrolladores de JavaScript, URL: <https://www.tensorflow.org/js?hl=es-419>
- [18] Thymeleaf, URL: <https://www.thymeleaf.org/>
- [19] Apache Tomcat® - Welcome!, URL: <https://tomcat.apache.org/>
- [20] MySQL, URL: <https://www.mysql.com/>
- [21] JDOM, URL: <http://www.jdom.org/>