|  |  |
| --- | --- |
|  | UNIVERSIDAD VERACRUZANA  FACULTAD DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA |

TRABAJO RECEPCIONAL:

PLATAFORMA DE SOPORTE PARA LABORATORIOS VIRTUALES UTILIZANDO UN ESTÁNDAR PARA EL MANEJO DE OBJETOS DE APRENDIZAJE Y UN LMS.

MODALIDAD:

TRABAJO PRÁCTICO-TÉCNICO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

PRESENTA:

VÍCTOR JAVIER GARCÍA MASCAREÑAS

DIRECTORES:

M.C.C. GERARDO CONTRERAS VEGA

M.C.C. JUAN CARLOS PÉREZ ARRIAGA

XALAPA, VER. SEPTIEMBRE 2019

Índice

[Capítulo 1: Marco teórico. 4](#_Toc18799313)

[1.1. Laboratorios virtuales. 5](#_Toc18799314)

[1.1.1. Realidad virtual. 6](#_Toc18799315)

[1.1.2. Diseño. 7](#_Toc18799316)

[1.1.3. Características y empleo. 8](#_Toc18799317)

[1.2. Sistemas de gestión de cursos. 11](#_Toc18799318)

[1.2.1. Evolución del internet y la instrucción por computadora. 13](#_Toc18799319)

[1.2.2. Características de LMS. 13](#_Toc18799320)

[1.2.3. Empleo de LMS. 14](#_Toc18799321)

[1.2.4. Análisis de LMS 15](#_Toc18799322)

[1.3. Estándares de aprendizaje en línea. 18](#_Toc18799323)

[1.3.1. SCORM 18](#_Toc18799324)

[Capítulo 2: Requerimientos de software. 20](#_Toc18799325)

[2.1. Introducción 21](#_Toc18799326)

[2.1.1. Propósito 21](#_Toc18799327)

[2.1.2. Ámbito del sistema 21](#_Toc18799328)

[2.2. Descripción general 22](#_Toc18799329)

[2.2.1. Perspectiva del producto 22](#_Toc18799330)

[2.2.2. Funciones del producto 23](#_Toc18799331)

[2.2.3. Características de los usuarios 24](#_Toc18799332)

[2.2.4. Restricciones 24](#_Toc18799333)

[2.3. Requisitos específicos 25](#_Toc18799334)

[2.3.1. Interfaces externas 25](#_Toc18799335)

[2.3.2. Funciones 25](#_Toc18799336)

[Capítulo 3: Diseño. 28](#_Toc18799337)

[Capítulo 4: Implementación. 32](#_Toc18799338)

[Capítulo 5: Pruebas. 33](#_Toc18799339)

[Conclusiones y trabajo futuro. 34](#_Toc18799340)

[Bibliografía. 35](#_Toc18799341)

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Diagrama de contexto. 23

Ilustración 2: Modelo de casos de uso. 24

Ilustración 3: Diagrama de despliegue. 29

Ilustración 4: Modelo de dominio. 30

Ilustración 5: Proceso de un laboratorio virtual como objeto de aprendizaje. 31

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de LMS Open source. 15

Tabla 2: Resultados de la evaluación de la calidad de LMS. 17

Tabla 3: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.core) para evaluación. 18

Tabla 4: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.comments) para evaluación. 19

Tabla 5: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.objectives) para evaluación. 19

Tabla 6: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.student\_data) para evaluación. 19

Tabla 7: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.interactions) para evaluación. 19

Tabla 8: CU 01 - Consultar laboratorios propios. 25

Tabla 9: CU 04 - Consultar avances por grupo. 25

Tabla 10: CU 03 - Consultar avances por alumno. 26

Tabla 11: CU 02 - Eliminar laboratorio. 26

Tabla 12: CU 05 - Consultar laboratorios. 27

Tabla 13: CU 06 - Consultar avances personales. 27

# Capítulo 1: Marco teórico.

## Laboratorios virtuales.

Las prácticas de laboratorio son muy importantes para la instrucción técnica en general, Ye & Ho indican que el aprendizaje experimental es sumamente importante en el proceso de enseñanza – aprendizaje en diversas áreas como la bioquímica, ya que pueden facilitar la consolidación de conceptos (2016). Así mismo, otros autores como Wiseman et al. Mencionan que los laboratorios “son una experiencia importante en la informática y la ingeniería, permiten a los estudiantes aplicar el conocimiento de clase en software y sistemas reales, y ayudan a que se familiaricen con el estado del arte de la tecnología y los estándares de la industria” (2008).

Desafortunadamente, la literatura demuestra que muchas instituciones educativas carecen de ciertos elementos para que sus estudiantes realicen prácticas de laboratorio, o bien, presentan carencias que les restan efectividad a las prácticas. Tal como menciona Stark et al. No siempre es posible experimentar con dispositivos reales ya sea por altos costos o seguridad (2018), la necesidad de infraestructura y recursos humanos vuelven oneroso a un laboratorio físico (Voss et al. 2013). Altos costos, preparación, recursos, tiempos y profesores, entre otros factores, llegan a imposibilitar la realización de prácticas en laboratorios físicos, sin embargo, una mala instrucción puede hacer a los estudiantes propensos al peligro.

Durante los últimos años, varios sectores sociales se han visto afectados por los avances tecnológicos. Con la implementación de las TIC pueden generarse servicios que soporten procesos y actividades de índole educativo, su avance actual permite hacer uso de herramientas digitales para crear, o como materiales de aprendizaje, así como implementar elementos multimedia en las aplicaciones. Así mismo, las tecnologías multimedia han avanzado de tal forma que han permitido progresar el modo de entrega por computadora, mismo que ha hecho posible el diseño de software educativo interactivo.

En décadas pasadas el internet no era la tecnología ampliamente utilizada que vemos hoy en día, el sector educativo necesitaba forzosamente de la experimentación en laboratorios físicos tomando en cuenta todas las implicaciones de éstos, tales como regulaciones de seguridad para casos específicos. Tal como menciona Luengas et al., el internet hace posible que educadores y aprendices puedan capacitarse sin estar sujetos a especio y tiempo (2009). Gracias a él pueden realizarse experimentos con el uso de recursos de software e información que no se tiene en los laboratorios reales. El progreso tecnológico nos presenta un enfoque para resolver retos mediante laboratorios virtuales específicos para simulaciones.

Gracias al internet y al modo de entrega por computadora puede ofrecerse la educación virtual, una de las áreas más impactadas por el desarrollo tecnológico. La educación virtual provee servicios especializados de soporte para asuntos administrativos y cursos virtuales (Luengas et al. 2009). El sector educativo puede aprovechar estas tecnologías a su favor mediante laboratorios de enseñanza virtuales como software educativo, los cuales “permiten el contacto directo y la observación de objetos y eventos, así como descubrir aspectos científicos” (Voss et al. 2013).

El término software educativo hace referencia a “aquel programa informático que se emplea como recurso educativo, que ha sido concebido y desarrollado bajo claros objetivos didácticos para la generación de ambientes que favorezcan la enseñanza y el aprendizaje” (Luengas et al. 2009). Un laboratorio virtual como herramienta educativa debe facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje, pues pueden darse algunas complicaciones; los alumnos reciben conocimientos teóricos, pero pueden no cubrir el contenido o competencias suficientes para su formación. Luengas et al. Menciona que diseñar y desarrollar laboratorios virtuales educativos debe incorporarse a los modelos de enseñanza, pues motivan a realizar prácticas de laboratorio.

Actualmente se cuenta con una serie de herramientas educativas adaptadas en distintas áreas como las ciencias sociales, humanidades, artes, ingenierías, etc. Un ejemplo son los cursos en línea que pueden ofrecer videos instruccionales, aunque no llegan a resolver el problema. Es necesario utilizar y desarrollar herramientas didácticas que soporten el proceso de enseñanza – aprendizaje, “se requiere material que capture la atención de los estudiantes y los estimule mediante escenarios interactivos, como en el caso de los laboratorios virtuales”, desarrollos innovadores donde la comunicación tenga un papel muy importante (Luengas et al. 2009).

La utilización de software interactivo como herramienta puede ser beneficiosa para la instrucción, según Hashemi et al. El software interactivo podría abordar algunas deficiencias y mejorar tanto la experiencia de aprendizaje como el rendimiento de los estudiantes, el software puede proporcionar una retroalimentación inmediata al estudiante sobre la exactitud de un enfoque o solución en el que trabaja o propone (2005). Un laboratorio virtual puede motivar a un estudiante a la experimentación presentando un ambiente interactivo atractivo, así como apoyar en su aprendizaje mostrando información según el progreso del mismo.

Los laboratorios virtuales emergen como un reemplazo potencial para las prácticas de laboratorio, son convenientes para la educación debido a varios factores, éstos son capaces de imitar prácticas reales enfatizando técnicas de experimentación y aplicaciones destinadas a un seguimiento continuo de las actividades de los estudiantes, además, “son una alternativa para las prácticas de laboratorio costosas o peligrosas” (Luengas et al. 2009), en un laboratorio virtual todos los componentes son simulados por completo, no existe equipamiento físico susceptible a daños y se aleja a los estudiantes de los riesgos posibles de trabajar con un laboratorio real.

Cuando los estudiantes trabajan con laboratorios virtuales el acceso es de forma remota, según Wiseman et al. Los estudiantes responden bien a estos ambientes (2008). A pesar de no interactuar cara a cara con los profesores, los estudiantes no están solos; tal como se menciona anteriormente, Luengas et al. Indica que existe un seguimiento continuo de las actividades de los estudiantes, los laboratorios virtuales son herramientas que permiten contar con un acompañamiento y seguimiento, los estudiantes son responsables de participar en actividades con los materiales educativos presentes tales como prácticas de laboratorio (2009), actividades que pueden complementarse en clases presenciales.

Los laboratorios virtuales son programas de computadora, Budai & Kuczmann los describen como sistemas de comunicación utilizados por profesores para crear experimentos virtuales y materiales de aprendizaje, que son usados para obtener conocimiento mediante las experiencias virtuales (2018). Un laboratorio virtual es una representación de software que “imita las características físicas de objetos reales” (Luengas et al. 2009) con los que los estudiantes interactúan mediante una computadora conectada a internet (Stark et al. 2018).

Como se menciona anteriormente, los laboratorios virtuales son un reemplazo potencial para las prácticas de laboratorio, buscan simular las mismas actividades que involucra un laboratorio real, además, éstos pretenden según Wiseman el al. Atender a una gran cantidad de alumnos y reducir la carga financiera de un laboratorio físico (2008). El objetivo de los laboratorios virtuales es “introducir a los estudiantes en la experimentación, resolución de problemas, deducción de resultados e interpretación científica a través de sistemas 3D con componentes conformantes de un laboratorio virtual” (Luengas et al. 2009).

### Realidad virtual.

Por definición, los laboratorios virtuales utilizan interfaces gráficas basadas en realidad virtual, se trata de una relativamente nueva tecnología de computación electrónica de procesamiento gráfico digital, multimedia y de sensores. La realidad virtual “replica un ambiente que simula una presencia física en lugares del mundo real o imaginados, permitiendo al usuario interactuar en ese mundo” (Stark et al. 2018), construye un ambiente fiel a los sentidos humanos como la vista y oído (Guo et al. 2012), para lo cual, utiliza sensores y dispositivos de interacción con los que reaccionar a los eventos provocados por las acciones del usuario, ya sea de forma gráfica o auditiva mediante elementos multimedia.

Mediante la realidad virtual puede desarrollarse un laboratorio virtual donde los estudiantes realicen experimentos de simulación en internet y en cualquier momento, y esta, siendo utilizada de forma efectiva, después de un análisis del diseño, puede ir más allá de la inmersión provocando una sensación de presencia que asegure una experiencia de usuario irresistible (Callaghan et al. 2015), dónde el estudiante se sienta motivado para realizar prácticas con el software.

Stark et al. Menciona que es imposible reemplazar por completo la realización de prácticas de laboratorios reales con un sistema informático, sin embargo, realizarlas en realidad virtual es mejor que no hacerlo (2018). Los modelos 3D dentro del ambiente virtual son convenientes, su interactividad permite la manipulación de elementos virtuales y la observación de un ambiente, la realidad virtual permite incluso visualizar, identificar y controlar sistemas complejos, que, según Stark et al. “permite a los estudiantes obtener un mejor y más rápido entendimiento de los objetos estudiados”.

Construir una aplicación de realidad virtual no es una tarea muy complicada, a pesar de que en el caso de la instrucción existen elementos pedagógicos que deben ser tomados en cuenta, existen ya dispositivos, estándares y una variedad de *frameworks* que nos permiten crear ambientes artificiales, así como incluir, organizar y programar la operación de elementos 3D dentro del mismo.

La realidad virtual no está limitada a ningún dispositivo en específico, un ambiente virtual puede manejarse desde una PC o gafas especializadas tales como HTC Vive y Oculus Rift, la única variación que puede encontrarse está en los dispositivos de interacción, pues mientras el manejo de una aplicación en una PC se realiza mediante dispositivos conocidos como teclados o ratones, para el caso de las gafas son necesarios otros tipos de controles, pues estas solo se encargan de la visualización.

Los usuarios pueden recibir distintas experiencias con aplicaciones de realidad virtual gracias a la variedad de dispositivos del mercado, que se presume serán adquiridos cada vez más con mayor facilidad, según Callaghan et al. La generación actual de dispositivos de realidad virtual tiene el potencial de convertirse en dispositivos *mainstream* de consumo (2015).

### Diseño.

Los laboratorios virtuales han sido añadidos al catalogó de herramientas tecnológicas para la instrucción en los últimos años, pero antes de tomar la decisión de emplearlos es necesaria una evaluación por parte de la institución que lo desea, puesto que existen varios factores a ser tomados en cuenta, que van desde la implementación (dentro de la institución) hasta el diseño del laboratorio incluyendo aspectos pedagógicos y de interfaz de usuario.

En lo que a implementación se refiere, la institución debe considerar las herramientas de hardware y software, es decir, las tecnologías que va a necesitar, los costos de desarrollo, operación y/o mantenimiento, la infraestructura de red, la dificultad de instalación del producto, y, a un nivel pedagógico, los temas que sean más convenientes a tratar mediante laboratorios virtuales (Budai & Kuczmann, 2018). También, ya entrando en el diseño, se debe considerar que para satisfacer las necesidades del desarrollo y de los laboratorios en sí, en necesario reunir a un grupo de ingenieros eléctricos, profesores, desarrolladores de software y diseñadores que trabajen en conjunto para llegar a laboratorios adecuados y funcionales (Luengas et al. 2009).

Debe considerarse cómo las tecnologías ayudarán a conseguir los objetivos de aprendizaje, asegurando que sea la pedagogía la que conduzca el proceso. Al diseñar, el personal encargado de la parte pedagógica debe pensar en formas de presentar el contenido para asegurar el aprendizaje de los estudiantes, según Hashemi et al. En un laboratorio virtual deben estar presentes los objetivos, guías, así como estímulos, formas de obtener y proporcionar retroalimentación, evaluar el rendimiento y mejorar la retención de los estudiantes (2005).

El autor menciona que los estilos de aprendizaje son un elemento muy importante, pues impactan en la motivación de los estudiantes dentro de su ambiente de aprendizaje. Los estilos de aprendizaje deben considerarse en el laboratorio de forma que éste presente distintas preferencias con las cuales cada estudiante pueda sentirse cómodo a su manera, pues cuando se presentan materiales de aprendizaje en distintas modalidades “hay mayor posibilidad de mejorar y mantener la atención de los estudiantes” (Hashemi et al. 2005).

Ahora bien, con respecto al diseño de la interfaz de realidad virtual, tal como toda interfaz de usuario está debe ser amigable, pero en dos sentidos. En el primero, la interfaz debe agradar al usuario visualmente utilizando elementos gráficos con los que ya se esté familiarizado (según otras interfaces de usuario), y en el segundo, con respecto a los modelos 3D específicos de un laboratorio, se refiere a que la descripción de los modelos del hardware y su imagen deben empatar con lo que el estudiante ya conoce respecto a su experiencia (Dias et al. 2014).

Callaghan et al. Menciona otros elementos que el diseñador debe tomar en cuenta al momento de trabajar con la realidad virtual. El diseñador debe buscar mantener el flujo y una sensación de presencia aprovechando las características psicológicas de los espacios virtuales, sin embargo, debe prever y limitar algunas sensaciones posibles tales como el vértigo y la claustrofobia llevando a una buena y fácil experiencia. Además, el autor menciona una regla cardinal de la realidad virtual que debe respetarse: “no tomar el control de la cámara a menos que sea absolutamente inevitable” (Callaghan et al. 2015).

### Características y empleo.

Ya se mencionó que los laboratorios virtuales son herramientas instruccionales que imitan características reales, a este respecto, Guo et al. (2012) establece que “pueden simular escenas vívidas de experimentos y proporcionar experiencia práctica similar a un experimento real”. Los laboratorios virtuales son utilizados en la preparación de profesionistas para que apliquen sus conocimientos en el mundo real, dándoles conocimiento técnico experimental que complemente sus clases, pues la idea de un curso con un laboratorio virtual es fungir como complemento de la parte teórica (Budai & Kuczmann, 2018).

Por definición, se sabe que las prácticas o experimentos que se llevan a cabo mediante un laboratorio virtual no son reales, los ambientes y todos los elementos 3D que lo componen son representaciones digitales, artificiales, con la posibilidad de ser tan complejos como se desee, pudiendo conseguir una alta fidelidad que motive a los estudiantes y los mantenga seguros en un ambiente virtual controlado.

“Un laboratorio virtual es una gran herramienta que funciona como alternativa para las prácticas de laboratorio costosas o peligrosas” (Luengas et al. 2009), pues tanto los componentes representados en él no necesitan ser adquiridos físicamente por la institución, como se aleja a los estudiantes del peligro. Muchas veces al experimentar dentro de un laboratorio físico los estudiantes deben ponerse una bata, utilizar gafas, guantes y acatar reglas del laboratorio con la finalidad de evitar eventos desafortunados, sin embargo, una ventaja de utilizar laboratorios virtuales es que tales eventos no existen.

Los laboratorios virtuales son excelentes complementos, pues permiten realizar variaciones de un mismo experimento sin exponerse a riesgos antes de intentar con equipamiento real (Stark et al. 2018), los estudiantes pueden intentar una y otra vez un experimento hasta alcanzar los objetivos sin miedo a fallar o sufrir daño alguno. También, según Ye & Ho (2016), los laboratorios virtuales “pueden reducir el riesgo de operaciones inapropiadas de los instrumentos”, es decir, que sin importar la manipulación y uso que se les dé, al ser virtuales no pueden ser dañados.

Ahora bien, a pesar de la posibilidad de evitar riesgos tanto de salud como económicos, un problema es la falta de seriedad en las prácticas. Al estar los estudiantes completamente seguros y con toda libertad, pueden tender a darle poca importancia a las consideraciones de seguridad y de empleo de los elementos, lo cual puede llevar a una mala instrucción que, en vez de alejarlos, los acerque al peligro en situaciones reales. Una forma de atacar este punto es aprovechar los elementos multimedia para presentar información de contexto.

Según Voss et al. (2013), la información de contexto puede servir para analizar problemas que rodean a los usuarios, tales como la caracterización de estilos cognitivos, análisis del aprendizaje, competencia y, además, es posible establecer reglas y definiciones para asegurar la calidad de la instrucción. En un laboratorio virtual puede condicionarse el avance de acuerdo con ciertas acciones, así como presentar información que el estudiante debe conocer, sin embargo, tal como ya se mencionó, es preferible realizar prácticas reales posteriores, pues no pueden ser totalmente reemplazadas.

Así como reducen los riesgos, los laboratorios virtuales también permiten que tenga lugar la educación a distancia efectiva, lo cual trae beneficios para los estudiantes y las instituciones educativas. Para las instituciones, el uso de laboratorios virtuales es una forma de proporcionar instrucción especializada cuando no se cuenta con los recursos económicos o infraestructura suficiente para contar con laboratorios físicos, así como “hacen ejercicios disponibles a una mayor audiencia” (Budai & Kuczmann, 2018). Para los estudiantes, se rompe la barrera física, pues al trabajar en su propia computadora, ya no se limitan al tiempo y espacio de una institución, pueden hacerlo de forma personal y siempre accesible.

Los estudiantes pueden trabajar en equipo de forma remota, sin la necesidad de materiales físicos ni residuos de componentes desde la comodidad de sus casas o cualquier lugar en el que se encuentren, mientras exista conexión a internet, lo cual es una ventaja (Dias et al. 2014). Una herramienta de laboratorios virtuales no solo reduce las limitantes de tiempo y espacio, también reduce la dependencia de los alumnos con sus profesores, “permitiendo al instructor contribuir de una forma más significativa en el proceso de aprendizaje” (Hashemi et al. 2005), pues ahora puede dar seguimiento a todo el proceso que lleva el estudiante.

Es importante considerar la retroalimentación cuando se emplean laboratorios virtuales, los estudiantes deben ser capaces observar la forma en que realizan los laboratorios, donde puedan conocer lo que hacen bien o mal, cómo lo hacen, cómo debe ser, así como recomendaciones por parte del instructor e información teórica de ser necesario, e incluso autoevaluaciones y evaluaciones del propio laboratorio virtual, donde el profesor pueda determinar si se cumplen los objetivos, si los estudiantes están adquiriendo las competencias y aprendiendo como deben. Según Budai & Kuczmann (2018), es posible rastrear el comportamiento de los estudiantes y generar estadísticas que ayuden a obtener una buena retroalimentación.

Habiendo mencionado la reducción de riesgos y la educación a distancia, queda la interacción de los estudiantes. Como ya se mencionó en el apartado de realidad virtual, los modelos 3D dentro del ambiente virtual son convenientes, Guo et al. (2012) menciona que la interacción humano - máquina permite a los espectadores explorar libremente el ambiente e influenciarlo con su propio comportamiento; utilizando estas aplicaciones “los estudiantes pueden entender el funcionamiento de dispositivos, ver el interior y destacar sus componentes en detalle” (Stark et al. 2018). En su trabajo, Ye & Ho (2016) afirma que después de utilizar un laboratorio virtual, comprobó que los estudiantes estaban más familiarizados antes de realizar prácticas reales.

Al utilizar una interfaz de realidad virtual adecuada los estudiantes pueden controlar un experimento y repetirlo cuantas veces quieran con un solo clic sin ningún contratiempo (Ye & Ho 2012), y si se trata de un ambiente virtual de mayor complejidad donde la interacción se de mediante un dispositivo móvil, es posible incluso utilizar controles propios de las pantallas táctiles tales como joystick virtual, toques y deslices con los cuales manipular el ambiente y sus elementos (Callaghan et al. 2015).

En cuanto al empleo de laboratorios virtuales, Guo et al. (2012) menciona en su trabajo cómo los estudiantes utilizan un laboratorio virtual, estos navegan en el sitio y en el momento en que se acercan a aparatos experimentales despliegan su nombre, descripción y un botón para iniciarse. Una vez iniciado el experimento, el estudiante puede seleccionar cada elemento del apartado utilizando el ratón, pudiendo observar la función, composición y parámetros del mismo; los eventos en la escena virtual se disparan con la actividad del estudiante (pg. Haciendo clic sobre los elementos) y se dirigen a los nodos pertinentes para lanzar animaciones.

Por su parte, Hashemi et al. (2005) presenta en su trabajo una visión más amplia de la forma en que los estudiantes pueden emplear un laboratorio virtual, la organización del contenido de aprendizaje, las opciones del mismo y otros conceptos que fueron utilizados en el diseño del laboratorio, como menús de selección, diagramas de flujo y árboles de decisión. Estas características incorporadas al software acercan al estudiante lo más posible a un ambiente real de laboratorio, permitiendo la toma de decisiones y observación de resultados en un proceso de prueba y error.

Primero, el autor indica que el estudiante obtiene una introducción de los objetivos del experimento que va a realizar, lo cual “influencia positivamente a los estudiantes que necesitan razones para aprender” (Hashemi et al. 2005), para posteriormente elegir materiales desde un menú, que muestra la estructura y características de los mismos, y comenzar el experimento, Los pasos que pueden tomarse durante el experimento se encuentran modelados dentro de un diagrama de flujo, que es utilizado para enfatizar conceptos importantes, identificar aspectos que requieren mayor esfuerzo, así como determinar cálculos y valores a reportar.

Todo el proceso del experimento se presenta paso a paso, en la primera etapa del experimento los estudiantes visualizan un video que detalla el paso que debe realizarse. Una vez concluido el video explicativo, el estudiante procede con la toma de decisiones, que realiza desde un menú de opciones para cada paso del experimento gracias a una estructura en forma de árbol de decisión, el estudiante observa el resultado de sus elecciones y aprende conceptos con la retroalimentación que el software le presenta. Según Hashemi et al. (2005), el concepto de árbol de decisión “puede mejorar la experiencia de los estudiantes con el software y llevarlos a un paso más cercano a una experiencia de laboratorio real”.

Durante la realización del experimento, la interfaz permite a los estudiantes ver imágenes magnificadas de los resultados de los procesos que se siguen con los materiales, y ya en la etapa final del experimento, los estudiantes responden una evaluación con preguntas que los ponen a prueba y sirven para que el profesor verifique el conocimiento que el estudiante obtuvo una vez realizado el experimento.

El autor afirma que el software desarrollado puede emplearse para preparación en programas de ingeniería que requieren materiales de laboratorio, donde los estudiantes se familiarizan con los procedimientos, uso de equipo y errores comunes dentro de una experiencia real, además, pueden fungir como experiencias que reemplacen a la experimentación real para los casos en los que éstas no estén disponibles en la institución.

Por otro lado, generalmente el acceso a un laboratorio virtual no es directo, es decir, existe algún sistema de gestión donde el usuario sigue el flujo de un curso, o bien, simplemente selecciona uno o más laboratorios a realizar. Para que esto sea posible se necesitan algunos elementos, un sistema de laboratorios virtuales se conforma por ciertos componentes; Luengas et al. (2009) identifica tres componentes básicos: uno o más dispositivos de interacción, un dispositivo para la transmisión de la información y un software de aplicación, para los cuales Stark et al. (2018) agrega otros dos: uno o más laboratorios virtuales y un servidor de laboratorio.

Partiendo del punto de vista del usuario, un ejemplo típico de lo anterior sería una aplicación web (pg. un LMS) como software de aplicación, una interfaz web que permita realizar laboratorios virtuales, el teclado, ratón, bocinas y display de una PC como dispositivos de interacción enlazados directamente a la máquina y un par de servidores remotos, los cuales podrían estar dedicados uno al sistema de gestión y el otro meramente al control de los laboratorios virtuales incluidos y utilizados por los estudiantes.

Los laboratorios virtuales podrían ser integrados dentro de un LMS, el cual puede emplearse para “autenticar y autorizar estudiantes y profesores, así como conectar lógicamente con los ejercicios del laboratorio virtual” (Budai & Kuczmann, 2018), pues realizar un laboratorio virtual podría ser un requisito para aprobar un curso o actividad determinada, y quien administre el sistema ya sea un administrador o un profesor, podría recolectar las acciones de los estudiantes con motivos de análisis y evaluación.

Hashemi et al. (2005) sugiere que una herramienta que permita a estudiantes entrar y completar un experimento, seguir un procedimiento, y obtener, analizar y evaluar datos y hallazgos, “permite un proceso de aprendizaje que puede mejorar significativamente la experiencia de aprendizaje en comparación con enfoques de laboratorio tradicionales”. Ya sea con un LMS o cualquier otra plataforma para la gestión de laboratorios virtuales, es importante tomar en cuenta que los laboratorios virtuales son complementos para la teoría, por lo cual pueden agregarse videos e información de contexto que suplementen el conocimiento del estudiante.

## Sistemas de gestión de cursos.

Producto del aumento en el uso de Internet y las mejoras en las TIC, han surgido nuevas tecnologías que representan grandes oportunidades para distintos campos como el instruccional o educativo, para el cual pueden crearse ambientes de aprendizaje como alternativas para los puntos de vista tanto de las instituciones, como los profesores y los alumnos.

Las TIC son capaces de soportar procesos cognitivos y aspectos psicológicos, estas pueden emplearse como herramientas de mejoramiento o apoyo para el aprendizaje presencial, e incluso para crear ambientes de enseñanza cuya interacción sea gestionada por un sistema informático. Sin embargo, a pesar de las aplicaciones tecnológicas en este ámbito, es importante tomar en cuenta que los profesores son y serán elementos esenciales, es importante que, aunque su rol cambie siga existiendo una comunicación clara entre ellos y los alumnos.

Un problema recurrente en instituciones educativas es la limitante de acceso estudiantil debido a la falta de infraestructura física, por lo que algunas instituciones optan por proporcionar nuevas opciones educativas haciendo uso de la tecnología. Los ambientes de enseñanza pueden desarrollarse como plataformas aprendizaje en línea o *e-learning*, que tienen la capacidad para resolver o apoyar problemas como el de acceso, debido a la falta de utilidad de espacios físicos, involucrando tiempos y profesores.

Con el uso de plataformas de aprendizaje en línea las instituciones educativas y los profesores pueden proporcionar información y prácticas individuales o colaborativas a sus alumnos, recursos que los ayuden a desarrollar habilidades requeridas e incrementar su conocimiento. Además, Paulsen menciona que incluso el tiempo de aprendizaje puede disminuir a un 50% y la taza de retención aumenta con este modelo de aprendizaje (2002).

Las tecnologías de aprendizaje en línea también son una opción flexible de estudio, ya que pueden ser más adaptables que las clases tradicionales. Las plataformas de *e-learning* han incorporado ciertas necesidades de adaptabilidad para los usuarios, por ejemplo, configuraciones según el nivel de experiencia, y otras relacionadas con la accesibilidad, tales como configuraciones de colores, sonidos, tamaños de letra, etc.

Existen sistemas de aprendizaje en línea que han nacido y evolucionado rápidamente llamados Sistemas de Gestión de Cursos, LMS por sus siglas en inglés, que se sabe tienen efectos positivos en la enseñanza y aprendizaje. Los LMS (Learning Management System), CMS (Course Management System) o VLE (Virtual Learning Environment) son sistemas que, según Coates, James, & Baldwin, ofrecen la entrega de programas de aprendizaje a gran escala y aumentan la eficiencia del proceso de enseñanza (2005). En la literatura se encuentran varias definiciones de LMS:

“Un sistema de administración de aprendizaje (LMS) es un software para la administración, documentación, rastreo, reporte y entrega de tecnología educacional, cursos o programas de entrenamiento”. (Tretinjak, 2018).

“Un LMS es un paquete de software que habilita el manejo y entrega de contenido de aprendizaje y recursos para estudiantes”. (Awang & Darus, 2012).

“Un LMS se define como un software que ha sido utilizado en una presentación de contenido de aprendizaje, mismo que tiene un rol significativo y complejidad en el ambiente de *e-learning”*. (Aydin & Tirkes, 2010).

“Los LMS son sistemas escalables que pueden emplearse para soportar enteramente los programas de enseñanza y aprendizaje de las universidades”. (Coates, James, & Baldwin, 2005).

Por lo tanto, se puede definir a un LMS como un sistema de software web que permite la gestión de programas educativos, desde el punto de vista administrativo, de enseñanza y aprendizaje mediante contenido de aprendizaje con un control y rastreo de las actividades de los estudiantes.

Estos sistemas proporcionan simulaciones de ambientes reales de aprendizaje con el potencial de afectar al negocio central de la enseñanza y responder a las demandas masivas de acceso a la educación. Su conjunto de herramientas de software soporta los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como habilita a los estudiantes para estudiar en cualquier momento, en cualquier lugar, entregándoles el contenido y gestionando su progreso.

La idea de utilizar un LMS en la educación superior resulta atractiva ya que es una forma de reforzar la suite pedagógica con la que se cuenta, y porque promete enriquecer el aprendizaje de los estudiantes con flexibilidad de cursos, comunicación, apoyo y evaluaciones adaptables, entre otras cosas. Hoy en día los LMS significan un cambio de cultura en el ámbito educativo que debe contemplarse.

Cuando una institución educativa se plantea extender sus capacidades mediante soluciones tecnológicas, un LMS se convierte en una necesidad puesto que la población estudiantil es muy diversa, existen múltiples medios de acceso, formas y modalidades de aprendizaje, así como niveles de experiencia tecnológica. La flexibilidad y la naturaleza web de los LMS permite que creen espacios de colaboración donde se promueve la participación de distintos estudiantes para lograr metas de aprendizaje.

Un LMS es un sistema complejo de aprendizaje en línea, puede monitorear el rendimiento de los estudiantes y determinar secuencias de interacción, pero todo es basado en contenido de aprendizaje que se entrega a los estudiantes, el cual que debe crearse. A pesar de ser un esfuerzo extra para las instituciones y profesores, el contenido de los cursos para LMS es fácilmente desarrollado, modificado y reutilizado.

### Evolución del internet y la instrucción por computadora.

La historia dice que cuando las computadoras habían sido recién inventadas, grupos de educadores y psicólogos notaron oportunidades instruccionales, por lo que de manera relativamente rápida surgió el enfoque de instrucción basada en computadora, CBI (Computed Based Instruction) por sus siglas en inglés. CBI buscó la automatización de nociones simples de aprendizaje, llegando a desarrollar métodos instruccionales efectivos (Advanced Distribute Learning Initiative, 2001).

Fue en la década de 1960 que los investigadores en paralelo con ingenieros de CBI comenzaron a explorar el potencial de un nuevo enfoque de información orientada a estructuras (Information Structure - Oriented) que permitiría representar el aprendizaje humano. Posteriormente, gracias a estudios en inteligencia artificial relativos a cómo aprendemos, se llegó a desarrollar un nuevo enfoque llamado Sistemas Tutores Inteligentes (ITS), cuya función fue proporcionar información instruccional bajo demanda y permitir un diálogo de iniciativa entre la tecnología y estudiantes (Advanced Distribute Learning Initiative, 2001).

Lamentablemente la tecnología ha avanzado rápido, y cada innovación tecnológica trae consigo un nuevo mundo de oportunidades que pueden barrer a tecnologías que parecían prometedoras. Tal es el caso de CBI e ITS, pues con el nacimiento y crecimiento de Internet y la *World Wide Web* (WWW), el desarrollo de estos enfoques se vio interrumpido. Mientras que el contenido de CBI se almacenaba y ejecutaba en un ambiente local, el internet proporcionó una plataforma de comunicaciones neutral creada sobre estándares, la cual permitía la administración de contenido remoto e información fácilmente accesible.

El desarrollo de Internet propició la creación de ambientes distribuidos en la web, cuyos beneficios fueron vistos por la comunidad de CBI. Los sistemas rápidamente comenzaron a pasarse hacia la separación de contenido y control de los sistemas cliente – servidor. Finalmente, fue en 1990 cuando el término LMS se hizo conocido. Los LMS formales apuntaban hacia el aprendizaje mediante la web, y cuando el término empezó a ganar más reconocimiento, ahora podía proporcionarse acceso regulado a repositorios seguros donde almacenar información educativa.

Dado que todo esto nació alrededor de la educación, la mayoría de los LMS surgieron como proyectos universitarios, que con el paso del tiempo maduraron y fueron adoptados por muchas universidades. El campo de la enseñanza tomó ventaja del internet para proveer educación en línea y soporte adicional para los estudiantes.

### Características de LMS.

Los LMS implican una plataforma de aprendizaje en línea que entregue contenido de enseñanza, así como combine un rango de herramientas administrativas y pedagógicas para gestionar cursos, usuarios y contenido multimedia. Las herramientas provistas permiten desarrollar y estructurar el contenido de aprendizaje según la presentación deseada, permiten el desarrollo de actividades, evaluación de éstas, y una comunicación para con los profesores y compañeros donde compartir información y recursos. Es importante mencionar que es posible modificar los procesos y la apariencia de los LMS para adecuarlos a las necesidades.

Como mínimo, todo sistema de aprendizaje en línea considerado LMS debe contar con administración de usuarios, catálogos de cursos, almacenamiento de información de los estudiantes y reportes. Los LMS se encargan de rastrear a las personas (usuarios) y seguir sus acciones; generalmente se cuenta con los roles de estudiante y profesor o tutor cuyos privilegios son gestionados. Para el rol de estudiante, los LMS realizan un seguimiento de su progreso con las actividades que estos realizan, mientras que, para el rol de tutor, permiten que estos agreguen contenido, controlen su flujo y revisen la respuesta de los estudiantes a las actividades y evaluaciones, información que puede observarse por medio de reportes de rendimiento.

Con respecto al contenido de aprendizaje, los tutores pueden adaptar los materiales de clase para presentarlos dentro de un LMS, pueden crear actividades con una descripción, documentos relacionados y contenido multimedia variado, tal como instrucciones textuales o en video, imágenes, enlaces web y demás. Los LMS también permiten la creación de exámenes o cuestionarios con los que los tutores pueden evaluar el cumplimiento objetivos de aprendizaje, o recibir retroalimentación de los estudiantes. En general, las evaluaciones que permiten los LMS pueden contener preguntas abiertas, de opción múltiple, etc. Así como incluso tener límites para el tiempo de respuesta.

El contenido necesita estar disponible para los estudiantes, sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, los tutores o profesores son elementos importantes para el proceso instructivo, por lo cual los LMS deben proporcionar herramientas orientadas a la comunicación y retroalimentación. Algunas herramientas de comunicación proporcionadas por LMS incluyen chat, correo electrónico, foros, video conferencias y cuestionarios, mismas que, dependiendo del LMS con que se trabaje, pueden tener usos distintos.

Tanto los chats como el correo electrónico permiten que los estudiantes compartan información entre ellos o con sus tutores, con la posibilidad de incluir archivos y/o multimedia en los mensajes, los cuestionarios, como ya se mencionaron, fungen como herramientas de comunicación al permitir a los tutores recibir retroalimentación de parte de los estudiantes, y las video conferencias son utilizadas para reuniones en línea.

Los foros se consideran espacios sociales con múltiples usos, son útiles para mantener viva la comunicación dentro de un ambiente de aprendizaje. Dentro de los foros, los estudiantes pueden conocerse, discutir temas y consultar dudas entre ellos, donde también pueden participar los tutores, además, pueden utilizarse como centros de ayuda y como espacios para consultar información y anuncios relativos al curso.

Los LMS gestionan contenido de aprendizaje, pero deben permitir crearlo, distribuirlo, integrarlo y reutilizarlo rápidamente, deben contar con herramientas que permitan su creación y proporcionar extensibilidad. Es posible que sea necesario crear contenido de aprendizaje que pueda ser utilizado por distintos LMS, para lo cual, existe el requisito de compatibilidad con estándares de contenido, un LMS debe aceptar la integración de contenido en base a un estándar como ADL SCORM, mismo que se trata más adelante en este capítulo.

### Empleo de LMS.

Los LMS son capaces de soportar las formas de estudio de tiempo completo, parcial y a distancia, las instituciones educativas pueden emplearlos para desarrollar carreras y cursos completamente en línea (aprendizaje a distancia), o solo proporcionar contenido adicional a los estudiantes que evaluar mediante tareas y exámenes. En muchas ocasiones los profesores y estudiantes no tienen la capacidad de participar físicamente en el proceso enseñanza – aprendizaje en un mismo espacio, por lo cual, el aprendizaje a distancia se convierte en una alternativa atractiva, que mediante el uso de LMS proporciona los recursos necesarios.

Con los LMS, los profesores pueden colaborar con otros profesores de la comunidad, presentar ambientes de aprendizaje dinámicos y ofrecer apoyo para que los estudiantes enfoquen su aprendizaje mejorando sus objetivos. Los profesores pueden ofrecer una guía personal para que los estudiantes interactúen con los materiales, actividades y tópicos del curso que normalmente son presentados en clases presenciales. Todos los contenidos de un curso pueden adaptarse para su presentación dentro de un LMS, además, pueden planificarse lecciones y secuencias para lograr objetivos de aprendizaje con las herramientas es que estos incluyen.

Existe una técnica de enseñanza favorecida por los LMS llamada enseñanza volteada, se trata de una técnica de aprendizaje en apoyo de clases tradicionales donde los profesores motivan a los estudiantes a revisar el contenido de los cursos antes de trabajar cara a cara con ellos, o realizar investigaciones. El objetivo de la enseñanza volteada es permitir la exploración personal del contenido de un curso, para que los estudiantes puedan alcanzar sus objetivos y lograr resultados a su propio ritmo donde sea que se encuentren.

Con el paso del tiempo las universidades han adoptado los LMS a pesar de sus costos y riesgos debido a algunas ventajas observadas al momento de utilizarlos. Los LMS presentan oportunidades para reducir costos generales y la demanda de espacios físicos, mejorar el acceso a la información y la calidad de los procedimientos, lo cual es atractivo en los ámbitos de administración e instrucción. Los cursos diseñados y almacenados en un LMS son de mucho valor, pues capturan el conocimiento y presentan utilidad en el presente y a futuro.

* + 1. Análisis de LMS.

En el mercado se aprecia una gran variedad de LMS, algunos comerciales como Topclass, Firstclass, NextEd, WebCT Vista, Blackboard, etc. Y otros *Open source* como Moodle, ATutor, Ilias, Claroline, Dokeos, etc. Que ofrecen servicios y cuentan con requisitos y precios distintos. Generalmente los LMS *Open source* no tienen costo, y suelen ser atractivos ya que llegan a ofrecer las mismas funcionalidades de LMS comerciales, sin costo. Los LMS más populares son Schoology, Edmodo y Moodle, sin embargo, Ruiz, N. et al (2005) mencionan que, aunque ninguno alcanza una completa adaptabilidad, ATutor, Ilias y Moolde han aparecido como los mejores LMS al momento.

Los LMS y en general el software llamado *Open source*, hace referencia que el código es accesible para cualquier persona interesada, “*Open source* (OS) es el código fuente de un software que está disponible al público para su extensión y modificación según la necesidad del usuario”. (Cavus & Zabadi, 2014). Cuando se tiene la necesidad de utilizar un LMS, este debe elegirse correctamente, puesto que algunos no son claros en sus términos de uso o simplemente no son muy eficientes. A continuación, se presenta un análisis de LMS *Open source* en base a la revisión de la literatura.

Tabla 1: Comparación de LMS Open source.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **LMS** | **Moodle** | **ATutor** | **Dokeos** | **Claroline** | **Ilias** | **Docebo** |
| **SCORM** | Importar / exportar.  SCORM 1.2.  IMS 2.0.  Conformidad certificada. | Crear / Importar / exportar.  SCORM 1.2.  IMS 1.1.3.  Conformidad certificada. | SCORM 1.2 / 2004.  Conformidad. | SCORM 1.2.  Conformidad mínima. | SCORM 1.2 / 2004.  IMS.  Conformidad certificada. | SCORM 1.2 / 2004.  Conformidad certificada.  Premiado. |
| **Seguimiento** | Enlaces visitados.  Uso de contenido.  Actividades realizadas. | | | Actividades realizadas. |  | Actividad del estudiante. |
| **Comunicación** | Skype.  Foros.  Chat. | Foros.  Correo electrónico.  Chat. | Video conferencias.  Foro.  Chat. | Foros. | Foros.  Correo electrónico.  Chat. | Video conferencias.  Foros.  Chat. |
| **Evaluación** | Cuestionarios personalizados.  Preguntas con límite de tiempo. |  | Exámenes de preguntas múltiples. |  |  |  |
| **Reportes** | Actividades realizadas.  Participación.  Estadísticas. |  | Puntuaciones.  Respuestas.  Retroalimentación.  Progreso individual. | Estadísticas de actividades. | Cursos.  Usuarios.  Exámenes. | Reportes personalizados. |

La tabla 1 representa una comparación básica de seis LMS Open source según su compatibilidad con SCORM, herramientas de comunicación incluidas, evaluaciones, tipos de reportes y el seguimiento del estudiante. Si bien no se encontró información sobre las evaluaciones, reportes y el seguimiento para algunos LMS, se sabe que por definición los LMS manejan el seguimiento del estudiante, así como también contienen formas de evaluación y de reportes.

La mantenibilidad y modularidad son aspectos importantes para trabajar con LMS, la mantenibilidad es un factor de calidad de software, es una conveniencia donde el software puede modificarse para aumentar su capacidad. Anggrainingsih. Et al (2016) realizaron el cálculo del índice de mantenibilidad de ATutor, Ilias y Moodle. El índice de mantenibilidad permite estimar la posibilidad de modificar y mantener el código fuente, mientras más alto sea el índice, más fácil es mantener el software.

El cálculo se realizó según las métricas de PHP, las cuales pueden dar valores entre 0 y 118 para el índice de mantenibilidad, el resultado del cálculo fue de 73, 87 y 90 para Atutor, Ilias y Moodle respectivamente, donde Moodle es el más alto de los tres; esto significa que el código fuente de Moodle es más fácilmente mantenible y modificable en comparación con ATutor e Ilias.

Anggrainingsih. Et al (2016) también mencionan en su trabajo que la modularidad, determinada por la cohesión y el acoplamiento, así como la simplicidad, son elementos muy importantes en el desarrollo de software, “la modularidad es un sub factor de la flexibilidad determinado por la cohesión y el acoplamiento. La cohesión muestra enlaces entre las funciones de un módulo, mientras que el acoplamiento muestra dependencias entre un módulo y otros”. (Anggrainingsih, Johannanda, Kuswara, Wahyuningsih, & Rejekiningsih, 2016).

Los cálculos de cohesión, acoplamiento y complejidad también se realizaron en base a métricas de PHP, la simplicidad es medida según el número de líneas de código (LOC), y está ligada a la complejidad, que, a su vez, es medida según la complejidad ciclomática del software. Los resultados en cohesión y acoplamiento indican que Moodle sobresale, pues mantiene una alta cohesión y bajo acoplamiento en comparación con los otros dos LMS, sin embargo, la medición de complejidad dio los valores de 16.8, 18.2 y 17.3 para ATutor, Ilias y Moodle respectivamente, donde ATutor muestra el nivel más bajo de complejidad de los tres.

Al igual que la mantenibilidad, existen otros factores de calidad tales como la seguridad y la usabilidad. El estándar ISO/IEC 25010 define seguridad y usabilidad respectivamente como el grado en que un sistema protege la información para que las personas o sistemas tengan el grado de acceso a la información de acuerdo con sus niveles de autorización, y, el grado en el que un sistema puede utilizarse por usuarios específicos para alcanzar metas específicas con eficiencia, efectividad y satisfacción en un contexto de uso determinado.

Ouadoud, Chkouri, & Nejjari (2018) realizaron una evaluación de la calidad de plataformas de aprendizaje en línea incluyendo factores de calidad como la mantenibilidad, usabilidad y seguridad. La métrica de evaluación de la calidad empleada fue el índice de conformidad del estándar ISO 9126, con el cual, las plataformas obtienen una calificación representada como un porcentaje dividido en cuatro rangos: bajo el estándar (0 - 40), promedio (41 - 60), bueno (61 - 80) y muy bueno (81 - 100). Los resultados obtenidos en la evaluación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2: Resultados de la evaluación de la calidad de LMS.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **LMS** | **Mantenibilidad** | **Seguridad** | **Usabilidad** |
| Moodle | 100% | | |
| ATutor | 60% | 100% | 81% |
| Ilias | 80% | 88% | 75% |
| Claroline | 20% | 88% | |

En conclusión, se encuentra en la literatura que en general los LMS Open source ofrecen lo suficiente para un uso en organizaciones educativas, son ricos para el soporte de aprendizaje y mejoramiento de la conducción de la enseñanza, aunque algunos ofrecen mejores herramientas y sobresalen del resto. Varios autores coinciden en que Moodle es el mejor LMS para utilizar, Moodle cuenta con la base de datos de usuarios más grande, se ha ganado la preferencia de muchos de ellos alrededor del mundo. Muchas instituciones educativas emplean Moodle para presentar sus cursos en línea (Saydam, Timms, Raval, & Daly, 2013).

Sabine and Bate (2005) evaluaron características de adaptabilidad, resultando Moodle como el más alto, y Al-Ajlan (2012) realizó un análisis extenso concluyendo que Moodle es el mejor de todos los LMS. Una característica de Moodle mencionada por varios autores es que éste tiene la capacidad de escalar y llegar a despliegues para cientos de miles de usuarios y comunidades sin ningún problema.

En las características particulares, la tabla 1 muestra que los seis LMS comparados admiten contenido obediente a SCORM, Moodle y ATutor cuentan con las mejores herramientas de comunicación, las mejores interfaces de usuario (GUI) y con información muy accesible; en contraste, Claroline es mucho más simple, contiene menos herramientas y sus páginas tienen una complejidad significativa que dificulta el acceso a la información.

## Estándares de aprendizaje en línea.

Los sistemas de aprendizaje en línea (e-learning) se han vuelto muy populares y los educadores deben diseñar contenido de aprendizaje para ellos, sin embargo, compartir estos materiales entre plataformas se vuelve complicado y costoso debido a la falta de formatos uniformes para realizarlo; a pesar de ser un aspecto muy importante, los estándares actuales no soportan completamente la personalización del contenido de aprendizaje, lo cual es una complicación si se requiere compartirlo.

A lo largo de la historia, diversas organizaciones se han dado cuenta de la problemática del e-learning y se han propuesto el desarrollo de una serie de formatos que puedan atender las necesidades del contenido de aprendizaje, llevando a la creación de estándares tales como SCORM, IMS, LOM y AICC, con los cuales, los creadores de contenido puedan tener una base sobre la cual diseñar los materiales ignorando un LMS específico para su publicación, logrando así la posibilidad de compartir y reutilizar contenido entre plataformas.

* + 1. SCORM.

SCORM (Sharable content object reference model) se refiere a un conjunto de especificaciones de organizaciones internacionales como IEEE, LTSC, IMS, AICC e ARIADNE, fue propuesto por ADL (Defense’s advanced distributing learning) en 1997, desarrollado en el año 2000 y se ha convertido en el estándar más popular de entre todos los estándares para el manejo de materiales de aprendizaje (Su et al. 2006), así como el más aceptado.

Gracias a SCORM la experiencia instruccional de los profesores puede compartirse, así como puede desarrollarse la secuencia de actividades del contenido de aprendizaje de una forma más inteligente. De acuerdo con RUSTICI software, SCORM es una herramienta muy potente para cualquier persona que se involucre en el aprendizaje en línea, es necesario hacer que cualquier plataforma de e-learning sea obediente a SCORM para permitir la reutilización del contenido.

SCORM se basa en el concepto de objeto de aprendizaje y utiliza metadatos para especificar la estructura del mismo mediante el lenguaje XML, donde se define la secuencia y navegación, es decir, el comportamiento del curso dentro de una estructura jerárquica llamada árbol de actividades. Su et al. (2006) menciona que es posible proporcionar a los creadores de contenido una herramienta gráfica con la cual se modifique la estructura de un curso en base a ciertas reglas, y esta proporcione un archivo obediente a SCORM de forma automática.

El modelo de datos de SCORM contiene un gran número de elementos, que mediante su API pueden llevarse de los laboratorios hacia el LMS y viceversa. A continuación, se muestra una relación de elementos del modelo de datos de SCORM que pueden ayudar a cumplir con los requerimientos de evaluación:

#### cmi.core.

Este apartado del modelo de datos hace referencia a toda la información que debe ser suministrada por todos los LMS.

Tabla 3: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.core) para evaluación.

|  |  |
| --- | --- |
| **Elemento** | **Descripción** |
| cmi.core.student\_id | Ubica el código alfanumérico único, como identificador de un solo usuario de LMS. |
| cmi.core.lesson\_location | Corresponde al punto de salida de un SCO pasado al LMS la última vez que se experimentó con el SCO. Proporciona un mecanismo para que un estudiante regrese a un SCO en el mismo lugar que lo dejó. |
| cmi.core.credit | Indica si el estudiante está siendo calificado por el LMS en base a su rendimiento en el SCO, donde al ser el caso, el LMS indica al SCO que debe enviarle datos para poder calificarlo. |
| cmi.core.lesson\_status | Corresponde al estatus del estudiante determinado por el LMS, donde el SCO puede haber sido no intentado, solo mostrado en pantalla, no completado, fallado, completado o pasado. |
| cmi.core.entry | Indica si el estudiante ha experimentado anteriormente el SCO (continuación o ya completado) o se trata de su primera vez. |
| cmi.core.score.raw | Indica el rendimiento del estudiante en su último intento con el SCO, el cual puede ser representado como un porcentaje de objetivos cumplidos, así como el número de respuestas correctas. |
| cmi.core.score.max | Corresponde al máximo puntaje que el estudiante puede alcanzar entre 0 y 100. |
| cmi.core.score.min | Corresponde al mínimo puntaje que el estudiante puede alcanzar entre 0 y 100. |
| cmi.core.total\_time | Utilizado para mantener un seguimiento del tiempo total empleado en cada sesión del SCO, indica el tiempo acumulado de todas las sesiones del SCO. |
| cmi.core.session\_time | Utilizado para mantener un seguimiento del tiempo empleado en una sesión con el SCO, indica la cantidad de tiempo que el estudiante pasó en el SCO hasta dejarlo. |

#### cmi.comments.

El modelo de datos de SCORM presenta este apartado como un mecanismo para la obtención y distribución de comentarios para un SCO.

Tabla 4: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.comments) para evaluación.

|  |  |
| --- | --- |
| cmi.comments | Representa la retroalimentación por parte del estudiante, comentarios que se envían al LMS sobre el SCO. |
| cmi.comments\_from\_lms | Representa los comentarios sobre el SCO originados en el LMS. |

#### cmi.objectives.

El apartado de objetivos identifica la forma en que el estudiante realiza objetivos individuales contemplados dentro de un SCO.

Tabla 5: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.objectives) para evaluación.

|  |  |
| --- | --- |
| cmi.objectives.\_count | Utilizado para determinar la cantidad de objetivos del SCO que el estudiante debería alcanzar. |
| cmi.objectives.n.score.raw | Indica la representación numérica del rendimiento del estudiante posterior a cada intento en el objetivo “n”, la cual es un valor entre 0 y 100. |
| cmi.objectives.n.score.max | Corresponde al puntaje máximo que el estudiante puede alcanzar en el objetivo entre 0 y 100. |
| cmi.objectives.n.score.min | Corresponde al puntaje mínimo que el estudiante puede alcanzar en el objetivo entre 0 y 100. |
| cmi.objectives.n.status | Utilizado para mantener un seguimiento del estatus del estudiante para un objetivo dado, representa el estatus del objetivo del SCO obtenido en cada intento, donde éste puede haber sido no intentado, solo mostrado en pantalla, no completado, fallado, completado o pasado. |

#### cmi.student\_data.

Este apartado del modelo de datos incluye la información necesaria para soportar la personalización de un SCO en base al rendimiento del estudiante.

Tabla 6: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.student\_data) para evaluación.

|  |  |
| --- | --- |
| cmi.student\_data.mastery\_score | Indica el puntaje de aprobación del SCO. Si el puntaje obtenido es mayor o igual a este valor, se considera al estudiante como probado. |
| cmi.student\_data.max\_time\_allowed | Representa la cantidad de tiempo permitida para el estudiante en cada intento con el SCO. |
| cmi.student\_data.time\_limit\_action | Indica lo que el SCO debe hacer cuando se sobrepasa el máximo tiempo permitido, como continuar o no con el SCO y la muestra de mensajes. |

#### cmi.interactions.

Todos los elementos de este apartado se relacionan con entradas de datos del estudiante reconocidas y recordables.

Tabla 7: Elementos del modelo de datos de SCORM (cmi.interactions) para evaluación.

|  |  |
| --- | --- |
| cmi.interactions.n.objectives.\_count | Utilizado para determinar la cantidad de objetivos de la interacción “n” que el estudiante debería alcanzar. |
| cmi.interactions.n.time | Corresponde al momento en el cual la interacción “n” del estudiante se completó, en horas. |
| cmi.interactions.n.type | Indica la categoría de interacción “n” que se almacena, donde ésta puede ser una pregunta de verdadero – falso, de opción, textual, de relacionar, opción múltiple, de secuencia, o numérica. |
| cmi.interactions.n.correct\_responses  .\_count | Utilizado para determinar la cantidad de respuestas correctas almacenadas para la interacción “n”. |
| cmi.interactions.n.weighting | Representa la importancia relativa de una interacción “n” frente a las demás, en la forma de un valor numérico. Dependiendo de este valor, la interacción puede ser o no tomada en cuenta para el puntaje final. |
| cmi.interactions.n.student\_response | Indica la respuesta del estudiante a una interacción “n”. |
| cmi.interactions.n.result | Corresponde al resultado de las respuestas del estudiante a una interacción “n”, la cual puede ser inesperada, incorrecta, neutral o correcta. |

# Capítulo 2: Requerimientos de software.

* 1. Introducción.

En este capítulo se presentan los requerimientos del sistema en base al formato de especificación de requerimientos de software del estándar IEEE Std. 830-1998. Cabe mencionar que, considerando el proyecto e importancia del contexto de su desarrollo, fueron seleccionados algunos elementos de dicho estándar que permiten delimitar sus requerimientos y contexto de forma clara, la especificación de requerimientos de software aquí presentada no es una fiel implementación del estándar ya mencionado.

* + 1. Propósito.

Una especificación de requerimientos de software (ERS) busca un acuerdo entre la parte que tiene una necesidad de software y aquella de se encargará de diseñar y desarrollar el producto como una solución, “la ERS establece las funciones y capacidades que un sistema de software debe proporcionar, sus características, y las restricciones que este debe respetar” (Wiegers & Beatty, 2013).

Las funciones de un producto de software se documentan primeramente para fungir como fuente de consulta durante las siguientes etapas de la ingeniería de software, la ERS puede entregarse a los diseñadores, desarrolladores, *testers*, clientes y demás interesados con distintos fines. Para el caso específico, se presenta una ERS para establecer debidamente los requerimientos del sistema y hacerlos disponibles para que otros alumnos, profesores, etc. Puedan revisar y extender o mejorar el trabajo realizado en un futuro.

* + 1. Ámbito del sistema.

En el programa educativo de Redes y Servicios de Cómputo de la Facultad de Estadística e Informática en la Universidad Veracruzana, necesitan de un sistema de cómputo que soporte la administración y presentación de laboratorios virtuales, así como permita la consulta de información estadística relativa al uso de los laboratorios por parte de los alumnos, ya que existen algunas dificultades para realizar prácticas de laboratorio reales.

En términos generales, se necesita que el sistema de soporte presente una manera sencilla de subir laboratorios virtuales específicos, y permita que éstos sean visualizados y experimentados posteriormente por los alumnos. Un profesor o administrador deberá tener la capacidad de integrar nuevos laboratorios y probarlos, para que después los alumnos puedan seleccionarlos y experimentarlos. Al final, tanto los profesores como los administradores deberán acceder a información estadística de uso y seguimiento de avance por alumno, correspondiente a los laboratorios que éstos realicen.

También se contempla que los laboratorios añadidos ya sea por un administrador o un profesor puedan ser reemplazados, modificados. Dicha acción podrá realizarse siempre y cuando ningún alumno haya experimentado el laboratorio, puesto que, de lo contrario, la información almacenada previa a la modificación no será congruente con la información de nuevas interacciones.

La información estadística que se requiere corresponde a dos aspectos: primero, al uso de la plataforma. Es necesario conocer quién y cuándo experimenta con los laboratorios, es decir, saber la fecha y la hora en que un usuario determinado ingresa a la plataforma y trabaja en él, pues se debe verificar que los alumnos se encuentren realizando el trabajo necesario para adquirir las competencias requeridas en su formación.

El segundo aspecto hace referencia al seguimiento del avance del alumno. Cada laboratorio dentro tendrá una función específica, los alumnos interactuarán con ellos de acuerdo con su función realizando una serie de acciones y actividades; los profesores necesitan conocer el avance de sus estudiantes por lo cual se requiere conocer información de tiempo y respuesta, misma que se presentará como estadísticas de avance.

Se contempla la posibilidad de que la información de seguimiento pueda brindar pautas a los profesores para ubicar temas de interés, temas complicados para los alumnos, estos puedan dar retroalimentación y reforzar el conocimiento necesario para cumplir los objetivos incluidos en los escenarios plasmados en los laboratorios.

* 1. Descripción general.
     1. Perspectiva del producto.

El sistema se piensa como una extensión a un LMS, un complemento que permitirá realizar un seguimiento específico al avance de los alumnos y los grupos, mismo que será posible mediante el uso del estándar de SCORM. Según la documentación técnica de SCORM, los LMS se encargan de rastrear el progreso y evaluar el dominio del alumno, sin embargo, la información general proporcionada por los LMS puede estar limitada a calificaciones y actividades, por lo que el complemento presentará información de seguimiento específica extraída del modelo de datos de SCORM.

A este respecto, el complemento se encargará de obtener, procesar y mostrar la información de seguimiento de los alumnos. La información en cuestión ingresará al LMS mediante SCORM, cada laboratorio virtual particular enviará datos al LMS utilizando el API de SCORM, y una vez que estos se encuentren almacenados en la base de datos del LMS, el complemento los buscará para poder presentarlos en las estadísticas de uso y seguimiento de avance. El siguiente diagrama de contexto ilustra este proceso.



Ilustración 1: Diagrama de contexto.

El diagrama de contexto de la ilustración 2 engloba el complemento y el paquete de SCORM (laboratorio virtual) dentro del LMS (nombrado LMS extendido), puesto que toda la interacción de los usuarios será mediante el LMS en sí, ya que solo es una extensión al mismo. Los alumnos acceden a los laboratorios desde el LMS, así como los profesores y el administrador consultan los laboratorios y estadísticas de avance en éste.

Pensando en la diversidad de laboratorios y sus particularidades, los elementos de uso y seguimiento que deberá manejar el complemento son los siguientes:

1. Entrada y salida de la plataforma.
2. Laboratorios realizados.
3. Repeticiones de los laboratorios
4. Tiempo de experimentación de laboratorios.
5. Porcentaje de avance.
6. Calificación del alumno.
   * 1. Funciones del producto.

El complemento proporcionará funcionalidades para administrar los laboratorios virtuales y consultar estadísticas de avance de los alumnos. El siguiente modelo de casos de uso representa las interacciones entre el complemento y los usuarios del mismo.



Ilustración 2: Modelo de casos de uso.

1. El complemento soportará la eliminación de laboratorios virtuales.
2. El complemento facilitará la consulta de laboratorios virtuales propios del profesor.
3. El complemento soportará la consulta de avances por cada alumno y por grupo.
4. El complemento facilitará la consulta de todos los laboratorios virtuales incluidos.
5. El complemento soportará la consulta de avances de todos los alumnos y grupos registrados.
6. El complemento soportará la consulta de avances personales.
   * 1. Características de los usuarios.

El complemento será empleado por profesores y alumnos de la Licenciatura en Redes y Servicios de cómputo de la Facultad de Estadística e Informática en la Universidad Veracruzana.

* + - 1. Profesores.

1. Son catedráticos en el área de redes con estudios superiores y de posgrado.
2. Están familiarizados con el empleo de computadoras y diversos sistemas operativos.
3. Están familiarizados con el uso de tecnologías web tales como LMS.
   * + 1. Administrador.
4. Es catedrático en el área de redes con estudios superiores y de posgrado.
5. Está familiarizado con el empleo de computadoras y diversos sistemas operativos.
6. Está familiarizado con el uso de tecnologías web tales como LMS.
7. Es coordinador de academia.
   * + 1. Alumnos.
8. Estudian la licenciatura de Redes y Servicios de cómputo.
9. Están familiarizados con el empleo de computadoras y diversos sistemas operativos.
10. Están familiarizados con el uso de tecnologías web tales como LMS.
    * 1. Restricciones.

A continuación, se presentan las limitaciones sobre el desarrollo del complemento.

1. El LMS seleccionado junto al complemento, serán desplegados en él o los servidores dispuestos por la Facultad de Estadística e Informática.
2. Al tratarse de una extensión a un LMS, el complemento se desarrollará siguiendo las reglas de desarrollo, estándares, bases de datos y API’s proporcionadas o utilizadas por el LMS seleccionado.
3. El complemento se desarrollará en el o los lenguajes de programación en los que el LMS seleccionado esté desarrollado.
   1. Requisitos específicos.
      1. Interfaces externas.

Para ir en acuerdo con el LMS seleccionado, la interfaz gráfica de usuario (GUI) del complemento seguirá los estándares de este para el diseño de su GUI.

Con respecto a las interfaces de comunicaciones, como se menciona en el apartado perspectiva del producto (2.2.1) de este capítulo, un requerimiento es el manejo de información de uso y seguimiento del avance de los alumnos, misma que se obtendrá del LMS seleccionado, el cual, a su vez, la obtendrá mediante el estándar de SCORM. Esta información se limitará únicamente a los elementos del modelo de datos de SCORM que la manejen, puesto que, los laboratorios virtuales al igual solo enviarán la información soportada por SCORM.

* + 1. Funciones.

A continuación, se presentan las descripciones de casos de uso correspondientes al modelo mostrado en el apartado funciones del producto (2.2.2) de este capítulo, organizadas por tipo de usuario.

* + - 1. Profesor.

Tabla 8: CU 01 - Consultar laboratorios propios.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso.** | CU 01 – Consultar laboratorios propios. |
| **Actor.** | Profesor. |
| **Descripción.** | En este caso de uso, el profesor accede a los laboratorios existentes de sus cursos. |
| **Precondiciones.** | 1. Debe existir al menos un laboratorio registrado del profesor. |
| **Postcondiciones.** | N/A. |
| **Flujo normal.** | 1. El profesor selecciona ver laboratorios. 2. El sistema obtiene los datos y muestra una página con los laboratorios registrados. |
| **Flujos alternos.** | No existen laboratorios registrados.  2.1. El sistema muestra un mensaje indicando que no existen laboratorios. |
| **Excepciones.** | No hay conexión con el servidor (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando los problemas de conexión con el servidor.   Error al obtener los datos (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando el error encontrado. |

Tabla 9: CU 04 - Consultar avances por grupo.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso.** | CU 04 – Consultar avances por grupo. |
| **Actor.** | Profesor. |
| **Descripción.** | En este caso de uso, el profesor visualiza los avances de los alumnos de uno de sus grupos. |
| **Precondiciones.** | 1. Debe haber al menos 1 alumno registrado en el grupo. |
| **Postcondiciones.** | N/A. |
| **Flujo normal.** | 1. El profesor selecciona las opciones de un grupo y selecciona avances. 2. El sistema obtiene los datos y muestra una página con la información de uso y seguimiento del grupo. |
| **Flujos alternos.** | No existen alumnos registrados.  2.1. El sistema muestra un mensaje indicando que no hay alumnos registrados en el grupo. |
| **Excepciones.** | No hay conexión con el servidor (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando los problemas de conexión con el servidor.   Error al obtener los datos (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando el error encontrado. |

Tabla 10: CU 03 - Consultar avances por alumno.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso.** | CU 03 – Consultar avances por alumno. |
| **Actor.** | Profesor. |
| **Descripción.** | En este caso de uso, el profesor visualiza los avances de uno de sus alumnos. |
| **Precondiciones.** | 1. Deben existir registros de al menos un alumno. |
| **Postcondiciones.** | N/A. |
| **Flujo normal.** | 1. El profesor selecciona las opciones de un alumno y selecciona avances. 2. El sistema obtiene los datos y muestra una página con la información de uso y seguimiento del alumno. |
| **Flujos alternos.** | No hay registros.  2.1. El sistema muestra un mensaje indicando que el alumno no tiene registros de avance en ningún laboratorio. |
| **Excepciones.** | No hay conexión con el servidor (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando los problemas de conexión con el servidor.   Error al obtener los datos (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando el error encontrado. |

Tabla 11: CU 02 - Eliminar laboratorio.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso.** | CU 02 – Eliminar laboratorio. |
| **Actor.** | Profesor. |
| **Descripción.** | En este caso de uso, el profesor elimina un laboratorio específico de sus cursos. |
| **Precondiciones.** | 1. Debe existir al menos un laboratorio registrado del profesor. |
| **Postcondiciones.** | 1. Se actualiza el catálogo de laboratorios para el administrador, el profesor y los alumnos. |
| **Flujo normal.** | 1. El profesor selecciona las opciones de un laboratorio y selecciona eliminar. 2. El sistema solicita confirmación de la baja. 3. El profesor selecciona sí. 4. El sistema solicita la baja del laboratorio y notifica al profesor el resultado de la operación. |
| **Flujos alternos.** | No desea eliminar.  3.1. El profesor selecciona no. |
| **Excepciones.** | No hay conexión con el servidor (en paso 4).   1. El sistema muestra un mensaje indicando los problemas de conexión con el servidor.   Error al eliminar (en paso 4).   1. El sistema muestra un mensaje indicando el error encontrado. |

* + - 1. Administrador.

Tabla 12: CU 05 - Consultar laboratorios.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso.** | CU 05 – Consultar laboratorios. |
| **Actor.** | Administrador. |
| **Descripción.** | En este caso de uso, el administrador accede a los laboratorios existentes. |
| **Precondiciones.** | 1. Debe existir al menos un laboratorio registrado. |
| **Postcondiciones.** | N/A. |
| **Flujo normal.** | 1. El administrador selecciona ver laboratorios. 2. El sistema obtiene los datos y muestra una página con los laboratorios registrados. |
| **Flujos alternos.** | No existen laboratorios registrados.  2.1. El sistema muestra un mensaje indicando que no existen laboratorios registrados. |
| **Excepciones.** | No hay conexión con el servidor (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando los problemas de conexión con el servidor.   Error al obtener los datos (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando el error encontrado. |

* + - 1. Alumno.

Tabla 13: CU 06 - Consultar avances personales.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nombre del caso de uso.** | CU 06 – Consultar avances personales. |
| **Actor.** | Alumno. |
| **Descripción.** | En este caso de uso, el alumno visualiza sus avances. |
| **Precondiciones.** | 1. Deben existir registros de al menos un laboratorio. |
| **Postcondiciones.** | N/A. |
| **Flujo normal.** | 1. El alumno selecciona avances. 2. El sistema obtiene los datos y muestra una página con la información de uso y seguimiento de su actividad con los laboratorios. |
| **Flujos alternos.** | No hay registros.  2.1. El sistema muestra un mensaje indicando que no existen registros de avance. |
| **Excepciones.** | No hay conexión con el servidor (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando los problemas de conexión con el servidor.   Error al obtener los datos (en paso 2).   1. El sistema muestra un mensaje indicando el error encontrado. |

# Capítulo 3: Diseño.



Ilustración 3: Diagrama de despliegue.



Ilustración 4: Modelo de dominio.



Ilustración 5: Proceso de un laboratorio virtual como objeto de aprendizaje.

# Capítulo 4: Implementación.

# Capítulo 5: Pruebas.

# Conclusiones y trabajo futuro.

# Bibliografía.

Advaced distributed leraning Initiative (2001). Sharable Content Reference Model, The SCORM overview. ADL.

Advaced distributed leraning Initiative (2001). Sharable Content Reference Model, The SCORM runtime - environment. ADL.

Anggrainingsih, R., Johannanda, B. O. P., Kuswara, A. P., Wahyuningsih, D., & Rejekiningsih, T. (2016). Comparison of maintainability and flexibility on open source LMS. 2016 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (ISemantic), 273-277. https://doi.org/10.1109/ISEMANTIC.2016.7873850.

Awang, N. B., & Darus, M. Y. B. (2012). Evaluation of an Open Source Learning Management System: Claroline. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 67, 416-426. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.346.

Aydin, C. C., & Tirkes, G. (2010). Open source learning management systems in e-learning and Moodle. IEEE EDUCON 2010 Conference, 593-600. https://doi.org/10.1109/EDUCON.2010.5492522.

Budai, T., & Kuczmann, M. (2018). Towards a Modern, Integrated Virtual Laboratory System. Acta Polytechnica Hungarica, 15(3), 14.

Callaghan, Mj., Gomez Eguiluz, A., McLaughlin, G., & McShane, N. (2015). Opportunities and challenges in virtual reality for remote and virtual laboratories. Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 235-237. https://doi.org/10.1109/REV.2015.7087298.

Caminero, A. C., Hernandez, R., Ros, S., Robles-Gomez, A., & Tobarra, L. (2013). Choosing the right LMS: A performance evaluation of three open-source LMS. 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 287-294. https://doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530119.

Cavus, N., & Zabadi, T. (2014). A Comparison of Open Source Learning Management Systems. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 143, 521-526. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.430.

Coates, H., James, R., & Baldwin, G. (s. f.). A CRITICAL EXAMINATION OF THE EFFECTS OF LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS ON UNIVERSITY TEACHING AND LEARNING, 18.

Dias, F., Miguens Matutino, P., & Barata, M. (2014). Virtual laboratory for educational environments. 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), 191-194. https://doi.org/10.1109/REV.2014.6784252.

Guo, W., Gao, Y., & Wang, Y. (2012). Design and realization of the interactive virtual laboratory based on VRML. 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2510-2513. https://doi.org/10.1109/CECNet.2012.6201755.

Hashemi, J., Austin-Stalcup, K. A., Anderson, E. E., Chandrashekar, N., & Majkowski, A. (2005). Elements of a Realistic Virtual Laboratory Experience in Materials Science: Development and Evaluation. 13.

ISO/IEC 25010, 2011. Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models.

Kulshrestha, T., & Kant, A. R. (2013). Benefits of Learning Management System (LMS) in Indian Education. Engineering Technology, 4(08), 12.

Lengyel, P., Herdon, M., & Szilágyi, R. (2006). Comparison of Moodle and ATutor LMSs. 8.

Luengas, L. A., Guevara, J. C., & Sánchez, G. (2009). ¿Cómo desarrollar un laboratorio virtual? Metodología de diseño. 6.

Ouadoud, M., Chkouri, M. Y., & Nejjari, A. (2018). LeaderTICE: A Platforms Recommendation System Based on a Comparative and Evaluative Study of Free E-learning Platforms. International Journal of Online Engineering (IJOE), 14(01), 132. https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i01.7865.

Paulsen, M. F. (2002). Online education systems in Scandinavian and Australian Universities: A Comparative Study. The International Review of Research in Open and Distance Learning. Volume 3 (2), 152 – 167.

Poulova, P., Simonova, I., & Manenova, M. (2015). Which One, or Another? Comparative Analysis of Selected LMS. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 186, 1302-1308. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.052.

Ruiz Reyes, N., Vera Candeas, P., Garcia Galan, S., Viciana, R., Canadas, F., & Reche, P. J. (2009). Comparing open-source e-learning platforms from adaptivity point of view. 2009 EAEEIE Annual Conference, 1-6. https://doi.org/10.1109/EAEEIE.2009.5335482.

RUSTICI Software, One minute SCORM overview for anyone. www.scorm.com.

Saydam, S., Timms, W., Raval, S., & Daly, C. (2013). Using Moodle &#x2014; An open source leaning management system in Australian Mining Engineering Education. 2013 IEEE International Conference in MOOC, Innovation and Technology in Education (MITE), 386-389. https://doi.org/10.1109/MITE.2013.6756373.

Stark, Erich & Kucera, Erik & Bisták, Pavol & Haffner, Oto. (2018). Experiment with JavaScript on Client and Server Side of the Virtual Laboratory and Visualised in Mixed Reality Using Microsoft HoloLens. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. 12. 10.14313/JAMRIS\_1-2018/2.

Su, J.-M., Tseng, S.-S., Chen, C.-Y., Weng, J.-F., & Tsai, W.-N. (2006). Constructing SCORM compliant course based on High-Level Petri Nets. Computer Standards & Interfaces, 28(3), 336-355. https://doi.org/10.1016/j.csi.2005.04.001.

Tretinjak, M. F. (2018). Moving teaching from blackboard to the learning management system — Helping absent students learn from home. En 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 0500-0502). Opatija: IEEE. https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400095.

Voss, G. B., Nunes, F. B., Muhlbeier, A. R. K., & Medina, R. D. (2013). Context-Aware Virtual Laboratory for Teaching Computer Networks: A Proposal in the 3D OpenSim Environment. 2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality, 252-255. https://doi.org/10.1109/SVR.2013.46

Wiegers, K. E., & Beatty, J. (2013). *Software requirements* (Third edition). Redmond, Washington: Microsoft Press, s division of Microsoft Corporation.

Wiseman, C., Wong, K., Wolf, T., & Gorinsky, S. (2008). Operational Experience With a Virtual Networking Laboratory. 5.