

Estudio de la actividad de los usuarios en cursos e-learning para la detección de problemas



Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Pablo José Martínez Munera

Tutor/es:

Sergio Luján Mora, David Gil Méndez

Junio 2020



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Resumen

El hecho de que una página web cumpla con unos requisitos mínimos de accesibilidad asegura que su contenido pueda ser consumido por cualquier usuario, independientemente de su situación. Durante los últimos años, el número de alumnos que declara tener alguna discapacidad en el ámbito educativo ha aumentado. Este grupo de personas son las primeras beneficiadas por los cursos online, que les permiten gozar de una educación a distancia a la que no podrían tener acceso de otra forma. No obstante, es importante asegurar que se cumplan unos requisitos de accesibilidad mínimos en los contenidos de los cursos para no dificultar el acceso a estudiantes con problemas de aprendizaje.

El objetivo de este proyecto es desarrollar y establecer un sistema de estudio de la actividad de los usuarios que realizan un curso online, de manera que se puedan detectar posibles problemas de accesibilidad para así corregirlos. Este tipo de problemas se podrán detectar entre todos los usuarios en mayor o menor medida y especialmente en usuarios que tengan algún tipo de discapacidad. La detección de estos problemas es aún más importante en la situación de crisis actual debida a la pandemia generada por el Covid-19, donde se debe asegurar una enseñanza igualitaria y de alta calidad para todos los usuarios, sin discriminar a ninguno por su situación, de manera que ninguno quede excluido.

Para conseguir este sistema, se tomará como punto de partida un Trabajo Fin de Grado anterior, en el que se desarrolló una plataforma E-learning que permite monitorizar la actividad de los usuarios durante la realización de un curso. A partir de los datos de interacción generados por el sistema de monitorización, se plantea la creación de indicadores de rendimiento de los estudiantes que nos permitan obtener un informe detallado de su experiencia durante la realización del curso. Estos indicadores e informes han sido empleados durante las experimentaciones realizadas para obtener una serie de interesantes conclusiones, empleadas posteriormente para reajustar los contenidos y corregir errores. Por ejemplo, en la última experimentación se obtienen algunas conclusiones interesantes, como el tiempo medio empleado por los usuarios para realizar el curso y su relación con el porcentaje de aciertos obtenido, donde se ve que los usuarios que no prestan atención y tampoco consultan el temario obtienen una puntuación significativamente inferior. Por otro lado, usuarios que consultan el contenido y ponen interés, son capaces de obtener hasta un 100% de aciertos, caso que se ha visto sobre todo en estudiantes con conocimientos previos, los que, empleando menos tiempo, han obtenido las mejores puntuaciones. Además, mediante las marcas temporales de los

elementos individuales del curso, se puede deducir qué alumnos han visto los contenidos específicos del curso, como es el caso de videos o imágenes. También se detecta qué preguntas o retos han supuesto una mayor dificultad para los usuarios, o por contrapartida, las partes del curso que han resultado de menor dificultad.

Motivación, justificación y objetivo general

La elección de este tema viene influenciada en gran medida por el camino escogido en mi futura vida laboral, el cual me encantaría que fuera enfocado al desarrollo web, ya que es el campo que me genera mayor interés y ganas de superarme a mí mismo.

A partir de aquí intenté idear algún tema para el desarrollo de un TFG, pero las ideas que tenía no eran muy viables para la realización de un trabajo fin de grado, ya sea por dificultad de realización o por ser demasiado sencillas. Llegado a este punto, decidí investigar sobre las ideas propuestas por profesores y encontré la de Sergio, que coincidía con mis criterios.

Desde un primer momento, la idea me resultaba realmente interesante por el tema que abordaba, además de por la solución que intentaba aportar a la problemática presentada. El interés también fue acentuado por el hecho de que los conocimientos adquiridos serían, seguramente, de gran utilidad en mi futura carrera profesional.

Tras una charla inicial con los tutores, una vez aclarado el tema y planteado un punto de inicio, la idea parecía más que viable, tanto por las tecnologías a emplear como por los retos que esta planteaba. Se trata del desarrollo de un sistema que servirá para crear cursos de aprendizaje online mucho más efectivos, útiles, comprensibles y accesibles, de manera que el beneficiado principal sea el alumno, que conseguirá adquirir los conocimientos sin problemas que antes podían plantearle impedimentos. El estudio de este tema, su implementación y solución final me llamaron la atención desde un primer momento.

Además de esto, los conocimientos que puede aportar el desarrollo de este TFG no se quedan en los aplicables a cursos online, sino que se abordan problemas de accesibilidad que pueden ser realmente útiles en mi futura vida laboral. Es por esto por lo que ha habido gran motivación por mi parte desde un principio.

Como ya se ha comentado anteriormente, este tema plantea un problema que requiere conocimientos y atribuciones propias de un Ingeniero Informático. Algunos ejemplos de estas atribuciones o capacidades pueden ser, por ejemplo, el desarrollo de un sistema informático para recoger datos y encontrar problemas, además de buscar la mejora de un sistema ya establecido mediante la investigación, consiguiendo así un proceso de depuración y mejora para conseguir un sistema software en el que el diseño, la usabilidad y accesibilidad, entre otros aspectos menos importantes, sean perfeccionados para que la experiencia del usuario sea la deseada.

Una vez finalizado este TFG, considero que me habré enfrentado a varios aspectos y problemas que son clave en la carrera profesional de un ingeniero informático, en concreto, en uno especializado en la rama software. Algunos de los aspectos que se podrán superar son, por ejemplo, el desarrollo de un sistema web con integración de distintos APIs, recolección y análisis de datos mediante scripts para su automatización, etc. Además de esto, se realizará el estudio de los resultados obtenidos para emplearlos en una retrospectiva, de modo que sirva para mejorar el producto existente.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer antes de nada a mis tutores, David y Sergio, que siempre han estado ahí durante la realización del TFG aportando ideas y facilidades en todo lo que les ha sido posible. Ha sido muy útil el hecho de tener las visiones y opiniones de ambos a problemas que se han presentado durante la realización de este TFG.

Agradecer también a mis familiares, que como no, siempre han estado ahí para apoyarme en mis momentos menos destacables, como también han estado para celebrar mis triunfos. Y no solo durante el TFG, si no en mi vida en general.

Por último, agradeceré también a mi pareja, que ha sido otro gran apoyo durante el transcurso de este trabajo, ya no solo emocionalmente, si no ayudando a la hora del desarrollo de este, aportando ideas y dando consejos en ciertas áreas que son competencia de sus conocimientos.

Citas

Never Settle for anything less than your best

Brian Tracy

*And so, you touch this limit, something happens, and you suddenly can go a little bit further.
With your mind power, your determination, your instinct and the experience as well, you can fly
very high.*

Ayrton Senna

Índice de contenidos

Resumen.....	1
Motivación, justificación y objetivo general	3
Agradecimientos	5
Citas.....	7
Índice de contenidos.....	9
Índice de figuras	13
Índice de tablas	17
1. Introducción	19
1.1. Accesibilidad web.....	20
1.2. Aprendizaje de estudiantes con discapacidad	21
2. Estudio de viabilidad	25
2.1. Métodos para la monitorización	25
2.1.1. Moodle	25
2.1.2. Canvas LMS.....	26
2.1.3. Edmodo LM	26
2.1.4. Conclusiones.....	26
2.2. Análisis de riesgos	27
3. Estado de la cuestión	29
3.1. Antecedentes	29
3.1.1. Plataforma E-learning.....	29
3.1.2. Monitorización de actividad mediante Statements.....	31
3.1.3. Clickstream Analysis.....	32
3.1.4. xApi en otros proyectos	38
3.2. Métricas para detectar barreras de aprendizaje	39
3.3. Retroalimentación disponible en otras plataformas	41
3.4. La importancia del E-learning accesible.....	41

4.	Objetivos	43
5.	Metodología	45
6.	Análisis y especificación	49
7.	Diseño.....	53
7.1.	Arquitectura de un curso	53
7.2.	Elección del tema y diseño del curso	56
7.3.	Diseño de pruebas y validación para el curso	61
7.3.1.	Prueba inicial del sistema.....	61
7.3.2.	Pruebas A/B.....	63
7.3.3.	Limitaciones y diseño de alternativas	65
7.4.	Diseño de Indicadores.....	67
7.5.	Diseño del sitio web de monitorización.....	70
7.6.	Diseño interfaz monitorización	71
7.7.	Guía de estilo.....	75
8.	Implementación	77
8.1.	Puesta en marcha.....	77
8.2.	Nuevo Statement	77
8.3.	Curso accesible.....	78
8.3.1.	Chunks empleados	78
8.3.2.	Introducción	79
8.3.3.	Los neumáticos.....	79
8.3.4.	Los fluidos del vehículo	82
8.3.5.	Estructura final	89
8.4.	Puesta en producción.....	90
8.5.	Curso no accesible.....	91
9.	Pruebas y validación.....	95
9.1.	Prueba inicial	95
9.1.1.	Escenario y transcurso de la prueba	95

9.1.2.	Análisis de datos obtenidos.....	96
9.1.3.	Creación de indicadores y conclusiones.....	98
9.1.4.	Problemas detectados.....	102
9.2.	Segunda prueba	105
9.2.1.	Escenario de la prueba	105
9.2.2.	Análisis de datos obtenidos.....	106
9.2.3.	Creación de indicadores y conclusiones.....	107
9.2.4.	Problemas detectados.....	113
10.	Conclusiones y trabajo futuro	115
	Referencias.....	117

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de análisis DAFO.	27
Figura 2. Esquema de tecnologías empleadas en aplicación web E-Learning	30
Figura 3. Statement almacenado en el LRS.....	31
Figura 4. Clickstream interactivo.....	32
Figura 5. Camino seguido por usuarios	33
Figura 6. Flujo de tecnologías empleadas	34
Figura 7. Perfil visual para un estudiante.....	35
Figura 8. Datos generados por Clickstream en una sesión MOOC.....	36
Figura 9. Frecuencia para tipos de acciones para cada curso	37
Figura 10. Probabilidad condicional de acciones realizadas por un estudiante no certificado ..	38
Figura 11. Veces que cada usuario ha usado un comando	39
Figura 12. Planificación temporal TFG	45
Figura 13. Arquitectura de un curso.....	53
Figura 14. Tipos de chunk disponibles	54
Figura 15. Representación de arquitectura de un curso en JSON.....	55
Figura 16. Edad media del Parque automovilístico en España	57
Figura 17. Coste de mantener vehículos durante 100.000 km	58
Figura 18. Estructura de contenidos elegida para el curso	59
Figura 19. Versiones del curso.	60
Figura 20. Esquema de primeras pruebas a realizar	61
Figura 21. Datos de uso de la base de datos Firebase	62
Figura 22. Vista de Statements capturados en LRS.....	62
Figura 23. Esquema de pruebas A/B	63
Figura 24. Esquema que describe el problema	64
Figura 25. Limitaciones Firestore, plan Spark	65
Figura 26. Ejemplo de transformación de datos JSON a MYSQL.....	65
Figura 27. Detalles del plan gratuito de SCORM Cloud	66
Figura 28. Tecnología alternativa para almacenar Statements	67
Figura 29. Gráfico que representa el indicador TEPA	69
Figura 30. Esquema MVC Laravel	70
Figura 31. Esquema recuperación de Statements	70
Figura 32. Primer boceto de la ventana principal de la aplicación	71

Figura 33. Logo del sitio web de monitorización	73
Figura 34. Wireframe página listado usuarios	73
Figura 35. Wireframe página detalle usuario.....	74
Figura 36. Wireframe página listado cursos.....	74
Figura 37. Wireframe página detalle curso.....	75
Figura 38. Paleta de colores xPerience Monitor	75
Figura 39. Llamadas al nuevo Statement creado	78
Figura 40. Nuevo Statement al avanzar de lección	78
Figura 41. Estructura final del curso.....	89
Figura 42. Comando instalación de la interfaz de comandos Firebase-tools	90
Figura 43. Comando autenticación Firebase.....	90
Figura 44. Comando para generar una nueva build en una aplicación Angular	90
Figura 45. Comando para inicializar el hosting Firebase.....	90
Figura 46. Comando para publicar el curso E-learning	91
Figura 47. Paso de imagen accesible a no accesible	92
Figura 48. Paso de video accesible a no accesible	93
Figura 49. Generador de Querys xApi	96
Figura 50. Petición Postman para los Statements de un estudiante en particular.....	96
Figura 51. Fragmento de código PHP de análisis de Statements	97
Figura 52. Fragmento de código PHP de exportación de datos analizados	97
Figura 53. Datos exportados en formato CSV	98
Figura 54. Gráfica Indicador TTE	99
Figura 55. Gráfica Indicador PAT.....	99
Figura 56. Gráfica Indicador TEPA.....	100
Figura 57. Gráfica Indicador VPBC.....	101
Figura 58. Gráfica Indicador VPMC	101
Figura 59. Fallo detectado en el envío de Statements.....	102
Figura 60. Descripción de limitaciones de uso para Sandbox LRS a fecha 15/05/2020.....	103
Figura 61. Publicación donde se especifica la introducción de nuevas restricciones.....	103
Figura 62. Publicación para promocionar el curso en Forocoches.com	105
Figura 63. Retroalimentación recibida por miembros de la comunidad	105
Figura 64. Salda generada por la nueva aplicación de recuperación de Statements	107
Figura 65. Gráfica Indicador TTE	108
Figura 66. Gráfica Indicador PAT.....	108
Figura 67. Gráfica Indicador TEPA.....	109

Figura 68. Gráfica Indicador TEPL.....	110
Figura 69. Gráfica Indicador NTR.....	111
Figura 70. Gráfica Indicador NIT.....	111
Figura 71. Gráfica Indicador VPBC.....	112
Figura 72. Gráfica Indicador VPMC	113
Figura 73. Código modificado para solucionar el problema detectado con el nuevo Statement	114

Índice de tablas

Tabla 1. Ejemplos de barreras de accesibilidad para personas con discapacidad visual	23
Tabla 2. Requisito REL01	50
Tabla 3. Requisito REL02	50
Tabla 4. Requisito REL03	50
Tabla 5. Requisito REL04	50
Tabla 6. Requisito REL05	50
Tabla 7. Requisito REM01	51
Tabla 8. Requisito REM02	51
Tabla 9. Requisito REM03	51
Tabla 10. Requisito REM04	51
Tabla 11. Requisito REM05	51
Tabla 12. Requisito REM06	52
Tabla 13. Requisito REM07	52
Tabla 14. Requisito REM08	52
Tabla 15. Requisito REM08	52
Tabla 16. Indicador TTE	67
Tabla 17. Indicador PAT.....	68
Tabla 18. Indicador PFC.....	68
Tabla 19. Indicador TEPA.....	68
Tabla 20. Indicador NTR	68
Tabla 21. Indicador TEPL	68
Tabla 22. Indicador NAT	68
Tabla 23. Indicador NFT.....	68
Tabla 24. Indicador NIT	69
Tabla 25. Indicador VPBC	69
Tabla 26. Indicador VPMC.....	69

Todas las tablas y figuras empleadas en el documento son de elaboración propia, excepto cuando se indica lo contrario.

1. Introducción

Durante estos últimos años ha habido un gran interés en la monitorización de las acciones realizadas por los usuarios durante su navegación por Internet, para así personalizar y mejorar la experiencia de los visitantes (Mangal, Singhal, & Sharma, 2019). Esto se ha visto sobre todo en tiendas E-commerce, donde se han implementado sistemas tan famosos como el del carrito abandonado (Charlton, 2019), para detectar que un usuario se marchaba de la tienda online sin haber procedido a la compra de los artículos que había añadido al carrito. No obstante, esta monitorización no se ha limitado exclusivamente al negocio electrónico, ya que ámbitos como el E-learning han profundizado también en la monitorización de la actividad de sus usuarios para mejorar la obtención de estadísticas y la calidad de esta forma de enseñanza (Zorrilla & Álvarez, 2008; Poon, Kong, Yau, Wong, & Ling, 2017).

En 1988, la *Aviation Industry Computer-based Training Committee (AICC)* fue creada para asegurar que el material de aprendizaje pudiera ser creado, servido y evaluado a través del creciente número de sistemas de aprendizaje basados en computación. Estas especificaciones universales establecidas por la AICC pronto llegaron más allá de la comunidad de la aviación y se incorporaron en el mundo de la enseñanza, convirtiendo así AICC el primer estándar E-learning en el mundo. Hoy en día este estándar se sigue empleando en algunos sistemas por razones de compatibilidad, pero se encuentra en desuso, ya que en 2014 la AICC se disolvió debido a la falta de afiliados (Colman, 2019).

A partir de esta iniciativa de la AICC, emergieron nuevos estándares, como es el caso de *Sharable Content Object Reference Model (SCORM)*, publicado por EE. UU. por primera vez en el año 2000, es el estándar de facto para el contenido E-learning. SCORM provee el método de comunicación y los modelos de datos que permiten que el contenido E-learning y los *Learning Management System (LMS)* trabajen de forma conjunta (Colman, 2019).

Estos estándares siempre han estado a la orden en cuanto al desarrollo de cursos online se refiere. En estos, se pueden recoger datos del avance o progreso del usuario, pero son algo limitados ya que el objetivo de los estándares no era este. No obstante, con el tiempo y la aparición de nuevas tecnologías, como es el caso de JavaScript, permitieron que nuevos estándares emergieran, estando estos más centrados en realizar una observación del progreso de los alumnos, mediante recogida de datos de interacción. Estas nuevas aplicaciones desarrolladas siguiendo los nuevos estándares, enviaban los datos de interacción a un contenedor dentro de los LMS, los *Learning Record Store (LRS)*.

Estos datos de progreso de los alumnos, sus experiencias e interacciones con el curso, permiten que se evalúe a los mismos, sabiendo si han completado todos los apartados del curso, cuánto tiempo han tardado en completar el curso, o incluso cuanto tiempo les ha llevado cada uno de los apartados. También nos puede permitir obtener datos relevantes a nivel de interés que genera el temario, ya que podemos saber el número de alumnos que terminan el curso una vez empezado, o saber el porcentaje de abandonos, cosa que nos podría ser muy útil para la detección de problemas.

Actualmente, el problema es que una gran parte de cursos E-learning se crea sin tener en cuenta la accesibilidad para estudiantes que sufren algún tipo de discapacidad, resultando en el fracaso en el aprendizaje de estos. Esto es debido a que en gran parte de los cursos online no se siguen las pautas establecidas en el *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) (W3C, 2018)*. Al hecho de la falta de cuidado en la creación de contenido, debemos añadirle la ausencia de un sistema de monitorización que sea capaz de detectar estas fallas de accesibilidad y permita que los creadores del curso sean conscientes del problema existente.

La finalidad de este Trabajo de Fin de Grado es la obtención de datos de interacción de estudiantes que sufran algún tipo de discapacidad en versiones accesibles y no accesibles del mismo curso. Posteriormente, se realizará un análisis y se obtendrán unos indicadores que nos permitan detectar nodos críticos de accesibilidad para este grupo de usuarios. De este modo, se podrán establecer una serie de conclusiones y buenas prácticas a seguir a la hora de preparar cursos accesibles que no presenten barreras de accesibilidad para estudiantes con dificultades.

1.1. Accesibilidad web

Durante gran parte del punto anterior se ha hecho uso de términos como “accesible, accesibilidad, accesibilidad web, entre otros”. Por tanto, ¿a qué nos referimos realmente cuando mencionamos la accesibilidad web?

Existen muchas definiciones para este concepto que provienen de distintas fuentes. Por ejemplo, el *World Wide Web Consortium (W3C)* lo define de la siguiente forma:

La accesibilidad Web significa que personas con algún tipo de discapacidad van a poder hacer uso de la Web. En concreto, al hablar de accesibilidad Web se está haciendo referencia a un diseño Web que va a permitir que estas personas puedan percibir, entender, navegar e interactuar con la Web, aportando a su vez contenidos. La accesibilidad Web también beneficia a otras personas, incluyendo personas de edad avanzada que han visto mermadas su habilidad a consecuencia de la edad (Shawn Lawton, 2005).

Actualmente, existen millones de personas con discapacidad (World report on disability, 2011) que encuentran barreras de accesibilidad a la hora de utilizar la Web, lo que les imposibilita o dificulta su uso. El aumento del número de sitios Web accesibles posibilitará a un mayor número de personas con discapacidad su uso y contribución.

No obstante, la accesibilidad web no tiene como únicos beneficiarios a usuarios con discapacidad, ya que personas sin ella e incluso creadores o propietarios de sitios Web se ven beneficiados por el empleo de esta. Debido a que no todas las limitaciones son físicas, también se ven beneficiados usuarios cuyo hardware es lento, disponen de un dispositivo móvil con una pantalla pequeña, tienen problemas de aprendizaje, o incluso son personas de edad avanzada (Sanchez-Gordon & Luján-Mora, 2013).

Uno de los objetivos principales de la accesibilidad web es proporcionar un acceso equitativo a todos los usuarios, con igualdad de oportunidades, independientemente de su situación o entorno, a un recurso tan valioso como es la Web, fuente hoy en día de educación, empleo y comercio, entre otros.

1.2. Aprendizaje de estudiantes con discapacidad

Últimamente, la sociedad está cambiando su actitud frente a la discapacidad. Esto se puede comprobar en el aumento del porcentaje de alumnos que declaran tener algún tipo de discapacidad (Iniesto, McAndrew, Minocha, & Coughlan, 2017). Los datos de este estudio fueron recogidos mediante la realización de cursos MOOC ofrecidos por la Open University, en Reino Unido. Dado que esta universidad cuenta con mayor número de estudiantes discapacitados que cualquier otra universidad europea, supone una clara representación de este cambio de actitud. Se pudo observar que de los alumnos que declaraban tener algún tipo de discapacidad incrementaron notablemente, de un aproximado 7% en 2011, a un 16,5% en 2015. Obviamente, esto no representa el porcentaje de estudiantes finales que realizan cursos en línea, pero sí que sirve para tener más en cuenta a este colectivo, así como los beneficios que pueden aportarles los cursos online.

El éxito en un curso en línea realizado por un estudiante con discapacidad está estrechamente relacionado con la forma de presentación de los contenidos de aprendizaje, es decir, de si estos cumplen o no unos criterios mínimos de accesibilidad. Estos criterios de accesibilidad están recogidos por el estándar WCAG 2.1 (W3C, 2018).

Entre otros criterios y directrices mencionados en el WCAG, vamos a mencionar aquí los principios de accesibilidad recogidos en este estándar:

- **Perceptible:** la información presentada en una página web debe ser percibida por los usuarios.
- **Operable:** los usuarios deben poder navegar y operar los componentes de la interfaz
- **Comprensible:** los usuarios deben ser capaces de comprender la información y el funcionamiento de la interfaz.
- **Robusto:** los agentes de usuario, incluidas las tecnologías de apoyo, deben permitir a los usuarios acceder al contenido.

El hecho de cumplir estos principios, entre otros requisitos, es esencial para asegurar la accesibilidad del contenido de cursos online a estudiantes que padezcan algún tipo de discapacidad. Adicionalmente a los principios de accesibilidad, las WCAG 2.1 recogen también 13 directrices y 78 criterios de éxito.

Estos criterios de éxito de accesibilidad web son clasificados en 3 niveles de conformidad o importancia:

- **Nivel A:** Nivel mínimo de accesibilidad. Cualquier página que se quiera considerar accesible deberá cumplir los requisitos establecidos para el nivel A
- **Nivel AA:** Nivel medio de accesibilidad. Se trata de requerimientos más exigentes que los encontrados para el nivel A. Cumpliendo este nivel conseguiremos que un mayor número de colectivos tenga la posibilidad de usar el sitio web.
- **Nivel AAA:** Nivel alto de accesibilidad. Se trata de los requerimientos más exigentes. Si el sitio web cumple estos requisitos, se asegura su accesibilidad para cualquier colectivo de usuarios.

El problema con las plataformas de cursos online más ampliamente usadas es el mero hecho de que no tienen la capacidad de descubrir que elementos en concreto pueden suponer puntos o nodos críticos para la accesibilidad del curso a estudiantes con discapacidad. Esto, añadido al hecho de que el contenido creado, por norma general, no es accesible para todos los usuarios, independientemente de su situación, provoca que encontremos importantes barreras para el aprendizaje.

Veamos, por ejemplo, los ejemplos de barreras de accesibilidad que deben vencer personas que sufren discapacidad visual descritos en la Tabla 1.

#	Barrera de accesibilidad	Criterio de éxito de las WCAG 2.1	Descripción criterio	Nivel de conformidad
1	Carece de índice o menú, o está mal estructurado	Bloques de derivación	Cuenta con un enlace para avanzar hasta el contenido deseado	A
2	Ausencia de transcripciones para videos	Contenido no textual	Provee alternativas para contenido no textual	A
3	Título de página estático	Título de la página	Empleo de títulos de página claros y descriptivos	A
4	Uso de imagen sin texto descriptivo (pie de foto)	Contenido no textual	Provee alternativas para contenido no textual	A
5	Uso de imágenes que contienen texto	Imágenes de texto	No emplea imágenes de texto	AA
6	Página sin menú disponible	Navegación constante	Usar menús de forma constante	AA
7	Aparece un popup inesperado	Interrupciones	No interrumpir a los usuarios	AAA
8	Pérdida de información al caducar la sesión	Re/autenticación	Guardar datos de usuario al reautenticar	AAA

Tabla 1. Ejemplos de barreras de accesibilidad para personas con discapacidad visual

Las barreras de aprendizaje para usuarios que sufren alguna discapacidad son un problema persistente hoy en día debido a la ausencia de un mecanismo de detección de estas fallas de accesibilidad. Es por esto por lo que existe la necesidad de diseñar e implementar un sistema que sea capaz de detectarlas para permitir que, independientemente de su situación, cualquier usuario pueda acceder a los cursos online.

2. Estudio de viabilidad

Actualmente la gran mayoría de plataformas E-learning cuentan con sistemas para la monitorización de sus usuarios. Es una práctica que se ha seguido desde la implementación de los primeros sistemas de cursos online, para tener un mínimo control sobre quién acababa o no los cursos. No obstante, una gran parte de las plataformas E-learning se basan en estándares de una época en la que las limitaciones tecnológicas tenían un gran peso. Es por esto que muchas de las técnicas de monitorización se han ido actualizando, pero las grandes plataformas no han sacado el máximo provecho de estas.

Vamos a ver ahora un análisis de lo que se ofrece actualmente en las plataformas más conocidas de E-learning, y que puede aportar nuestra solución, de modo que veamos un análisis de debilidades y fortalezas.

2.1. Métodos para la monitorización

En este apartado vamos a estudiar las plataformas de cursos online más grandes y utilizadas hoy en día, para ver lo que ofrecen y cómo nuestra solución puede ser una alternativa más viable frente a ellos. Hemos de tener en cuenta que este análisis se va a realizar desde el punto de vista de conseguir la mejor monitorización de la experiencia y comportamiento de los estudiantes durante la realización de cursos online.

2.1.1. Moodle

Se trata de una plataforma gratuita Open Source que goza de gran popularidad en la comunidad, además de un gran soporte y ampliaciones gracias a su modularidad por plugins. Se basa en el estándar SCORM, en su versión 1.2, sin soporte nativo para la versión renovada de 2004, no obstante, gracias al soporte para plugins, se puede conseguir un entorno basado en el estándar de 2004. Esto nos permitirá conseguir métricas de seguimiento como:

- Comienzo y fin de actividades
- Porcentaje completado en cursos y actividades
- Resultados de respuestas a actividades/módulos

La principal desventaja de Moodle es que necesitamos emplear este plugin de terceros para que nos aporte una información aceptable, tarea que no resulta nada trivial.

2.1.2. Canvas LMS

Se trata de otra plataforma que ha estado ganando mucha fama últimamente, siendo alternativa a Moodle para grandes instituciones. No obstante, a diferencia de Moodle, esta solución es de pago. Además de esto, en cuanto a seguimiento de avance de estudiantes no aporta ninguna clara ventaja frente a Moodle, ya que nos da más o menos la misma información, como puede ser el número de alumnos que completan un curso, que lo están realizando en estos momentos o el número de respuestas a una prueba. Por lo que se suele elegir esta solución hoy día por encima de Moodle, es por su facilidad de uso y puesta en marcha, que es bastante más trivial que la que ofrece Moodle. Esta solución consta con algunas debilidades, ya que en ninguna fuente de información se reporta que sea capaz de recoger estadísticas de tiempo invertido por los usuarios en completar actividades.

2.1.3. Edmodo LM

Se trata de una aproximación que quiere promover la comunicación profesor-alumno, por lo que se centra más en el diseño de un sistema de mensajería con el mismo. Si nos centramos en los seguimientos que esta solución aporta, podemos ver que son mínimos, ya que, según la información aportada por los creadores, solo permite ver el porcentaje de alumnos que han enviado contestaciones y el resultado de estas. No obstante, no permite ver tiempos invertidos por los usuarios ni detalles de las partes de cada actividad. Esto hace que Edmodo no suponga una gran amenaza para nuestra solución, ya que no se centra en proveer estadísticas detalladas.

2.1.4. Conclusiones

Tras ver las distintas opciones que existen en el mercado se ha visto que hay una tendencia común, y es que, pese a presentar todas algún tipo de estadísticas de finalización de tareas o actividades, en casi ninguna se aporta una estadística detallada del tiempo que han empleado los alumnos en realizar las actividades, por tanto, la granularidad y cantidad de detalles sobre la realización de los cursos será una de las fortalezas y oportunidades de nuestra solución. No obstante, una gran amenaza del proyecto será la posibilidad de algunas plataformas (Moodle) de obtener nuestra granularidad por medio de la instalación de plugins de terceros.

El análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) de la Figura 1 muestra un resumen de las conclusiones recogidas anteriormente.

	POSITIVOS PARA ALCANZAR EL OBJETIVO	NEGATIVOS PARA ALCANZAR EL OBJETIVO
ORIGEN INTERNO ATRIBUTOS PROPIOS	GRAN GRANULARIDAD EN LA MONITORIZACIÓN DE APRENDIZAJE, TIEMPOS DE FINALIZACIÓN.... GRACIAS AL USO DE POTENTES TECNOLOGÍAS (JS, XAPI)	ALCANCE, USUARIOS OBJETIVO... (NO SIEMPRE SE VA A QUERER TANTA GRANULARIDAD). CARENCIA DE FACILIDAD DE CREACIÓN DE CONTENIDO TIPO MOODLE.
ORIGEN EXTERNO ATRIBUTOS DEL ÁMBITO	LAS SOLUCIONES DISPONIBLES SE CENTRAN EN LA FINALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES, SIN TENER EN CUENTA TIEMPOS	POSIBILIDAD DE OTRAS PLATAFORMAS DE CONSEGUIR CARACTERÍSTICAS PROPIAS MEDIANTE FUNCIONALIDADES AÑADIDAS (PLUGINS) FALTA DE USUARIOS QUE REALICEN EL CURSO PARA VÁLIDAR HIPÓTESIS

Figura 1. Esquema de análisis DAFO.

2.2. Análisis de riesgos

En los riesgos del desarrollo de este TFG debemos considerar los más obvios, como el uso de tecnologías de terceros gratuitas, que tienen límites en su uso (restricciones eliminables previo pago) que pueden limitarnos en la realización de tareas o incluso truncarlas por completo.

También se debe tener en cuenta el riesgo de pérdida de datos u obtención de datos erróneos, debido a inestabilidades de la conexión a internet. A su vez, también podríamos encontrarnos ante una falta de datos de análisis debido a la necesidad de tener alumnos que realicen los cursos para poder obtener así estadísticas más concluyentes. No obstante, ante estos riesgos se han planteado alternativas y posibles planes de ataque para solucionar problemas, ya sea cambiando de tecnologías o mediante la optimización de las existentes.

Por último, se debe considerar la falta de usuarios para realizar las pruebas finales necesarias por factores externos al proyecto. Se trata de un factor importante a considerar ya que, si ocurre, no se podrán probar las hipótesis planteadas.

3. Estado de la cuestión

Las barreras de aprendizaje son un problema importante que considerar, y es que se estima que alrededor de un 10% del fracaso escolar de jóvenes de entre 18 y 24 años es debido a este tipo de impedimentos (Gortázar, 2017). Y esto se encuentra dentro del ámbito presencial, lo que nos puede llevar a pensar que el empleo de las TIC puede incluso agravar este problema, si la estructuración de los contenidos para la enseñanza, su contenido, presentación y evaluación se realizan de una manera incorrecta. El problema aún se agrava más si se realiza un desarrollo de contenidos que no tenga en cuenta los problemas añadidos para la gente que tiene algún tipo de discapacidad y el contenido no cumple unos requisitos mínimos para que sea accesible para estos estudiantes (Galofré & Minguillón, 2008).

Es, por tanto, una necesidad esencial tener una gran retroalimentación de los alumnos que se someten a estos cursos online, de manera que se puedan detectar estas barreras de aprendizaje, sean estas debidas a distintos motivos, como puede ser la dificultad de los contenidos o el simple hecho de la falta de accesibilidad a estos. Esto se puede conseguir mediante la monitorización de las acciones de un usuario en su interacción con el curso.

A lo largo de este apartado se realizará un análisis de los métodos que existen actualmente para conseguir captar esta interacción que realiza el usuario con los contenidos de la web y los datos que estas nos pueden aportar.

3.1. Antecedentes

3.1.1. Plataforma E-learning

El desarrollo de este TFG consiste en una continuación o segunda parte al TFG desarrollado anteriormente por Jorge Espinosa Campello (Espinosa Campello, 2019). Este trabajo final de grado se centró en la realización de una aplicación web para la monitorización detallada de la interacción de los alumnos con un curso online. Esta aplicación es el paso previo al análisis del que se va a partir aquí, empleándola como base para el estudio a realizar posteriormente.

Este desarrollo tenía como objetivo conseguir un nivel de granularidad de monitorización mayor que el existente en las plataformas más conocidas. Esta granularidad se centra sobre todo en el aumento de recogida de estadísticas temporales, de manera que permitan detectar barreras de aprendizaje o puntos críticos en los contenidos de un curso.

Esta aplicación web emplea como base la tecnología angular, con la ayuda de una API para la monitorización de interacciones de aprendizaje y almacenamiento de estas. Este estándar se denomina xApi. Con el objetivo de entender mejor la tecnología empleada en esta aplicación, veamos el diagrama de la Figura 2. La interfaz está diseñada mediante Angular y Material Design, de manera que la experiencia de usuario sea realmente limpia e intuitiva. Además de esto, mediante la librería RxJS se conecta la aplicación angular con el servicio Firebase de Google, para almacenar en este los usuarios y cursos.

Por otro lado, la aplicación Angular tiene integrada la Experience API (xAPI) para la monitorización de la actividad de los usuarios mientras completan un curso. Las monitorizaciones registradas por xAPI generan unas unidades de información llamadas Statements, que son almacenados en un LRS provisto por SCORM Cloud.

Estos elementos conforman, en conjunto, el sistema de cursos online que van a ser empleados como base de este TFG para monitorizar la actividad de los usuarios y poder realizar el estudio sobre estos y calcular las métricas pertinentes.

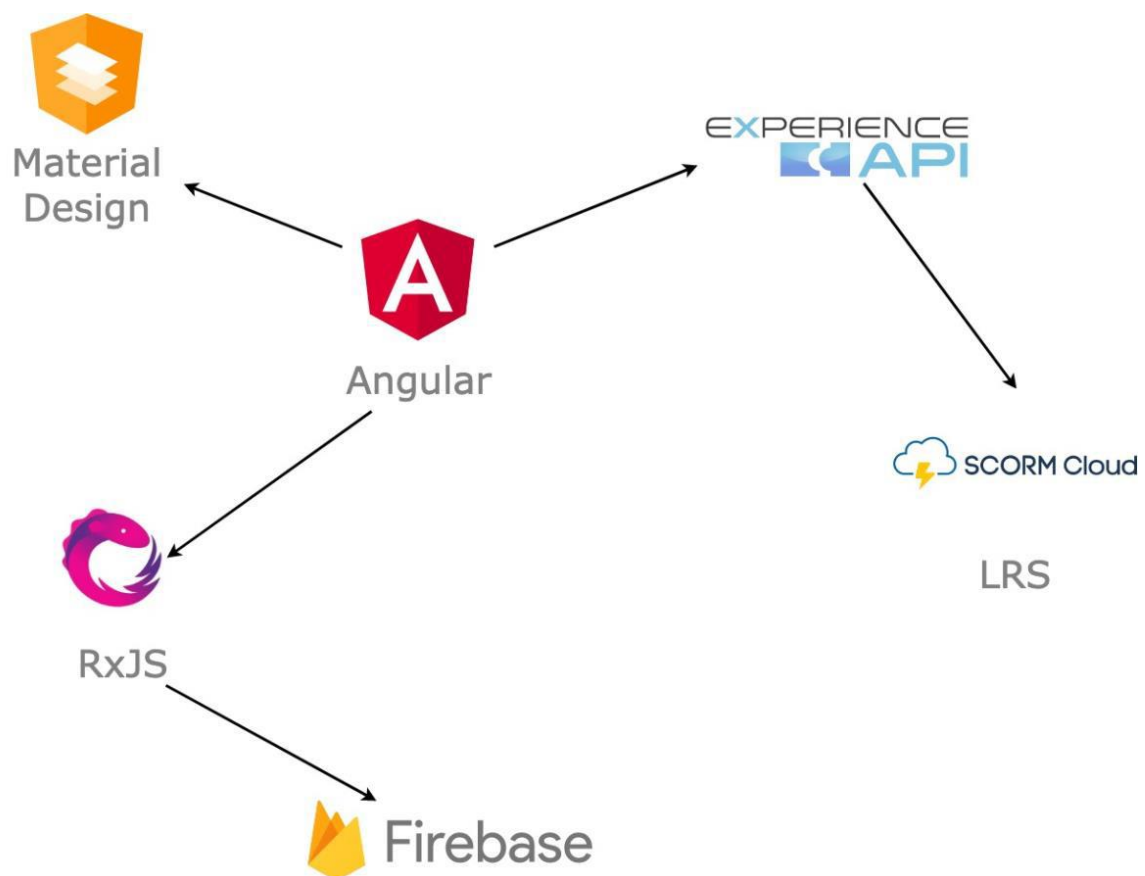


Figura 2. Esquema de tecnologías empleadas en aplicación web E-Learning (Espinosa Campello, 2019)

3.1.2. Monitorización de actividad mediante Statements

```
{
  "id": "d23aa282-53d5-48a8-bfcd-0985d96f4b08",
  "actor": {
    "mbox": "mailto: [redacted]@gmail.com",
    "objectType": "Agent",
    "name": "[redacted]"
  },
  "verb": {
    "id": "http://activitystrea.ms/schema/1.0/start",
    "display": {
      "es-ES": "ha empezado"
    }
  },
  "context": {
    "registration": "d2477423-3b21-4ba6-80db-4d9633cd4880"
  },
  "timestamp": "2020-05-21T11:21:49.383Z",
  "stored": "2020-05-21T11:21:45.530Z",
  "authority": {
    "mbox": "mailto:pjmm6@alu.ua.es",
    "objectType": "Agent",
    "name": "Pablo Martínez"
  },
  "version": "1.0.0",
  "object": {
    "id": "https://www.ua.es/tfgPabloMartinez/carMaintenance",
    "definition": {
      "name": {
        "es-Es": "Mantenimiento del vehículo"
      },
      "description": {
        "es-Es": "Curso para que que los alumnos aprendan técnicas básicas y trucos para el buen mante"
      },
      "type": "http://adlnet.gov/expapi/activities/course"
    },
    "objectType": "Activity"
  }
}
```

Figura 3. Statement almacenado en el LRS

La monitorización de actividad realizada por el sistema de cursos online, mencionado en el apartado anterior, genera unas entidades o unidades de información denominadas Statements.

Por tanto, podemos definir un Statement como el medio por el cual se capturan las interacciones de un estudiante con el contenido del curso. Cada parte o entrada de un Statement tiene una funcionalidad distinta y, cuando se unen todas, forma una unidad de información capaz de recoger todo tipo de interacciones relacionadas con el aprendizaje del alumno.

Los Statements se diseñan siguiendo el patrón Actor-Verbo-Objeto para dar forma a frases que sintetizan la información recogida en el Statement.

La generación o construcción de los Statements se realiza mediante el empleo del formato *JavaScript Object Notation (JSON)*. Esto es debido a la conveniencia de traducir Objetos JavaScript a esta notación, ya que es un proceso que se realiza de manera trivial para representar este tipo de objetos en la Web.

Podemos decir, entonces, que un Statement generado por la plataforma de E-learning es un objeto JSON que sigue el patrón Actor-Verbo-Objeto, de manera, que sus principales propiedades obligatorias son el Actor, ¿Quién realiza la acción?, el Verbo, ¿Qué acción realiza el actor? Y Objeto, ¿Sobre qué elemento realiza la acción? Además de estas propiedades, un Statement puede incluir muchas otras, como, por ejemplo, la propiedad Resultado, que sirve para saber el resultado de dicha interacción con el objeto, si por ejemplo este es una pregunta.

En la Figura 3 podemos ver un Statement generado por un Estudiante al comenzar el curso y que ha sido almacenado en el LRS provisto por SCORM Cloud.

3.1.3. Clickstream Analysis

Se conoce al concepto de Clickstream como a la secuencia de páginas web vistas por un usuario, presentadas en el orden en el que fueron visitadas. También es definido como la sucesión de pulsaciones de ratón que cada visitante realiza durante su navegación (Opentracker, Glossary, 2020).

El objetivo de este TFG, el cual es analizar el comportamiento de los visitantes de un curso online, se hace actualmente en muchas páginas web, por ejemplo, de venta online, para analizar el comportamiento de los clientes potenciales. Es a este análisis del comportamiento al que se conoce como Clickstream Analysis.

El Clickstream Analysis no es más que el estudio de los datos de Clickstream para conocer el comportamiento de los visitantes. Un Clickstream interactivo es una representación gráfica (Figura 4) del camino seguido por el visitante, de manera que pueda ser reconstruido y podamos pulsar las partes de una página o enlaces a estas que el visitante haya pulsado, de ahí el término “interactivo” (Opentracker, Glossary, 2020).



date	time viewed	title/url (hover for more info)
Sep 07 13:31:49	[44s]	End of session [4 page(s) viewed]
Sep 07 13:31:49	n.a.	Clickstream or clickpath analysis by Opentracker
Sep 07 13:31:32	17s	The difference between tracking unique visitors and log analyzers
Sep 07 13:31:17	15s	Opentracker: What is website tracking?
Sep 07 13:31:05	12s	Opentracker: Bounce Rate and Click-through Rate
		 clicked on ad: yahoo ad - tracking hints
Sep 07 13:07:17	[28m 03s]	End of session [17 page(s) viewed, referred by google.com]
Sep 07 12:07:17	n.a.	Opentracker: Improve your google ranking and pagerank
Sep 07 12:06:42	35s	Top lists - pages
Sep 07 12:04:25	02m 07s	Developments
		 latest watched video: advanced api development
Sep 07 12:04:19	06s	Trends - visits
Sep 07 11:54:34	09m 34s	Trends - Bounce rate
Sep 07 11:54:14	10s	Trends - forecasts

Figura 4. Clickstream interactivo (Opentracker, Clickstream analysis, 2020)

Como se puede observar, es un sistema relativamente parecido al que se va a emplear en este proyecto con los Statements, anteriormente explicados. No obstante, mientras que con la ayuda de los Statements realizamos monitorización de las interacciones que genera un usuario con los distintos elementos que se encuentran en una página, un Clickstream sólo monitoriza el cambio de página o el hecho de haber navegado en ella y el tiempo que se ha empleado en dicha tarea. Pese a esto, podemos observar en la imagen anterior que se pueden generar entradas más complejas para páginas que contengan algún elemento interactivo, como puede ser un anuncio o un vídeo embebido, no obstante, el tiempo capturado es el que ha permanecido el usuario en la página, de modo que el sistema empleado tiene una granularidad menor cuando lo comparamos con la granularidad aportada por los Statements empleados en este proyecto.

Un ejemplo de conclusiones que podríamos obtener mediante el análisis de datos de Clickstream es el que observamos en la Figura 5.

Si estudiamos los datos recogidos en la imagen, podemos obtener varias conclusiones sobre el comportamiento de los usuarios. Cada nodo representa una parte de la aplicación y cada línea representa un camino que puede seguir el usuario. El número sobre la línea representa la probabilidad con la que el usuario puede seguir este camino. Teniendo estos factores en mente, podemos observar que, una vez iniciada la aplicación, lo más probable es que los usuarios reciban una notificación. El segundo caso más probable es que inicien sesión, el tercero es que vayan directamente al buscador, y, por último, que se dirijan directamente al chat. A partir de un análisis más profundo de estos datos podremos generar predicciones de comportamientos para distintos grupos de usuarios, de manera que podamos identificar y clasificar a estos usuarios dentro de la propia aplicación.

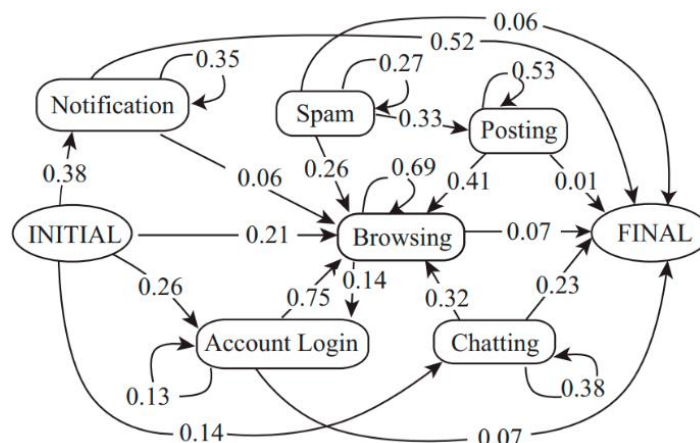


Figura 5. Camino seguido por usuarios (Wang, y otros, 2017).

3.1.3.1. Clickstream Analysis en la Educación

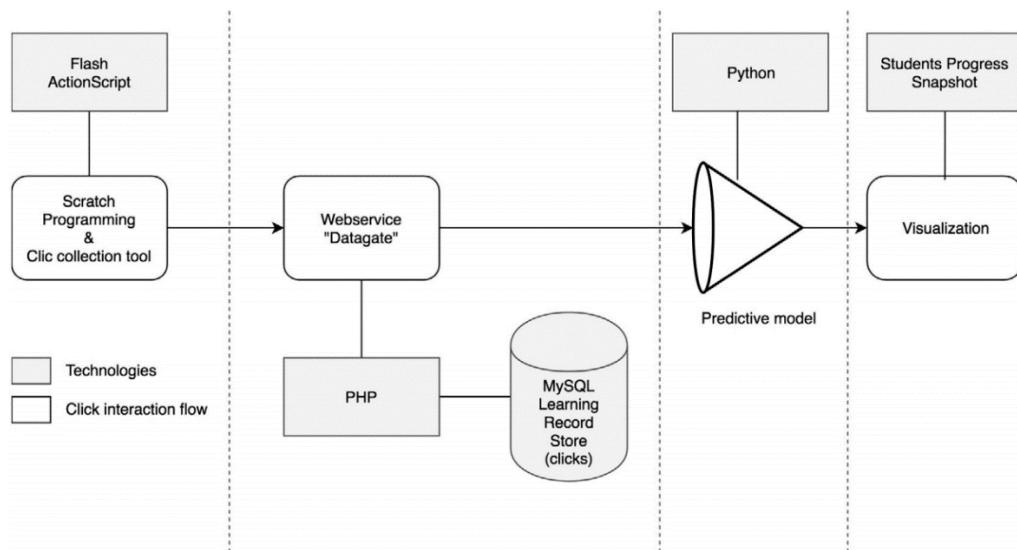


Figura 6. Flujo de tecnologías empleadas
(Amo-Filvà, Alier-Forment, García-Peñalvo, Fonseca-Escudero, & José-Casañ, 2018)

Durante el año académico 2017/2018, en el Campus La Salle de Barcelona, se evaluó el comportamiento de los estudiantes durante la realización de talleres basados en el lenguaje de programación Scratch (Amo-Filvà, Alier-Forment, García-Peñalvo, Fonseca-Escudero, & José-Casañ, 2018). Esta evaluación se realizó gracias al empleo de una herramienta desarrollada por el grupo de investigadores, que empleaba el código ya existente de Scratch y añadía la lógica de Clickstream. El Clickstream implementado se encargaba de monitorizar las pulsaciones del ratón de los usuarios durante la interacción con Scratch mientras programaban la solución al taller propuesto y estas interacciones eran enviadas a un LRS propio. A partir de los datos almacenados, se generan modelos predictivos e informes de progreso de alumno. Podemos ver un resumen de la tecnología que se empleó en la Figura 6. Una vez recogidos los datos para el análisis, se generan informes visuales del progreso de los estudiantes, como el que se puede observar en la Figura 7.

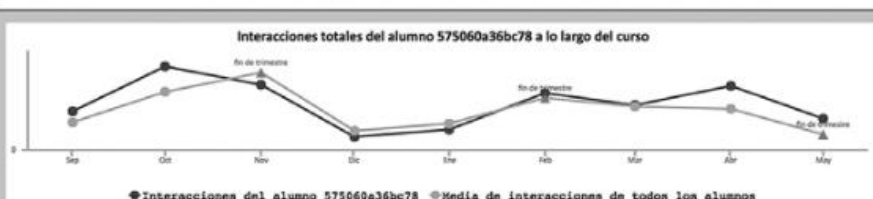
En el modelo visual planteado por este perfil de estudiante, se aportan distintas métricas que evalúan el comportamiento del alumno durante la realización del taller. Por ejemplo, si observamos la gráfica que muestra el perfil, esta nos indica el número de interacciones que ha tenido el usuario en comparación con la media del curso. Esto nos puede ayudar a deducir qué alumnos han dedicado mayor tiempo y han puesto mayor interés en la realización de las distintas tareas planteadas durante el taller.

Profile for the student 575060a36bc78

We call "interaction" to every interaction of the student with the system: accessing resources, reading or posting to forums, participating in Moodle activities (such as delivering tasks or answering quizzes), reading user profiles etc.

Time devoted:	32h 40m	
Total interactions:	1.293	(1.213 lecturas / 80 envíos)
Social interacciones:	0	(0 lecturas / 0 envíos)
Interactions on activities:	200	(181 lecturas / 19 envíos)
Interactions on resources:	0	(0 lecturas / 0 envíos)
Interactions on reports:	320	(259 lecturas / 61 envíos)

A lo largo de las 32h 40m dedicadas al curso el alumno 575060a36bc78 ha realizado 1.293 interacciones de las cuales un 0% son Sociales, un 15% son en Actividades, un 0% son en Recursos y un 25% son en Informes de datos.



The graphic shows in blue all the interactions of the student 575060a36bc78 from the beginning of the course, compared to the average number of interactions of the rest of the students displayed in orange. In the 32h, 40m dedicated to the course, the student 575060a36bc78 has done 1293 interactions (0% social, 15% on activities, 0% in resources and 25% on reports)

Considering the interactions of the student, the dedication appears to be above the average of the class on the first trimester. On the second trimester we observe a dedication below the average of the class and the dedication of the student in the first. On the third trimester the dedication is back above the average of the class like on the first trimester.

In general more dedication is appreciated on the first trimester with a slight decrease in activity on the second.

Activities	Reads	Writes	Time spent
Assignment: (MM) STEP1.1.12 - Mapa mental Operacions amb nombres enters	40	4	01h 14m
Assignment: (MM) STEP1.2.15 - Mapa mental Fraccions	16	3	01h 01m
Assignment: (MM) STEP2.1.22 - Mapa Mental Comprendre la proporcionalitat	16	3	18m
Assignment: (MM) STEP2.4.17 - Mapa Mental Treballar amb funcions	14	2	8m
Assignment: (DF) Desafiament final Algebraic Temple	13	0	01h 07m
Assignment: (MM) STEP2.2.12 - Mapa Mental Entendre les expressions algebraiques	10	1	2m
Assignment: (MM) STEP1.3.16 - Mapa Mental Decimals	9	1	8m
Assignment: (MM) STEP4.3.7 - Mapa Mental Volum Cossos geomètrics	7	1	3m

Figura 7. Perfil visual para un estudiante
(Amo-Filvà, Alier-Forment, García-Peñalvo, Fonseca-Escudero, & José-Casañ, 2018)

Este tipo de informes son una técnica interesante para representar el progreso de los distintos alumnos con respecto a la media de la clase, permitiendo también diferenciar varios tipos de comportamiento a la hora de realizar las tareas propuestas en los talleres. De cara a la propuesta de este Trabajo Fin de Grado, podría ser realmente interesante el empleo de algún tipo de reporte visual que se asemeje a este, de manera que sirva de ayuda a la hora de detectar comportamientos anómalos durante la realización de los contenidos del curso. Por ejemplo, cuando encontremos un alumno que supere notoriamente a la media del resto de alumnos, puede ser debido a que este ha dedicado mucho más tiempo que el resto a realizar la tarea o lección porque tiene dificultades para completarla. También podríamos encontrar el caso

contrario, en el que el alumno ha dedicado muy poco tiempo en ese apartado del curso, lo cual puede indicar que se ha encontrado con alguna dificultad que no le permite continuar. Con gráficos como estos podríamos detectar estudiantes con discapacidad que hayan realizado el curso y detectar nodos críticos en los contenidos del curso.

Gracias a empleo de técnicas como estas, también se pueden generar perfiles de comportamiento de usuarios, de forma que cuando se detecte un esquema de comportamiento parecido, se pueda detectar y actuar en consecuencia.

3.1.3.2. Clickstream en cursos MOOC

MOOC es un modelo educacional online con un uso emergente en los últimos años. En este tipo de modelos de cursos online se emplea tecnología de Big Data, mediante la cual se puede minar una enorme cantidad de datos de comportamiento de estudiantes. Todo ello empleando la tecnología Clickstream. Últimamente, esta minería de datos se ha empleado para predecir los futuros logros de los estudiantes.

En el artículo *Exploring N-gram Features in Clickstream Data for MOOC Learning Achievement Prediction* se explica el estudio realizado (Li, Wang, & Wang, 2017).

Este artículo hace hincapié en las posibilidades que tiene una tecnología como Clickstream para la monitorización de la interacción de los usuarios con los cursos MOOC y cómo gracias a los datos recogidos pueden ser útiles para crear modelos predictivos de logros obtenidos por estudiantes.

Podemos destacar varios aspectos de este estudio, pero destacan dos figuras de entre el resto. Una de ellas es el ejemplo de los datos que puede recoger la tecnología Clickstream durante una sesión de estudio dentro de la plataforma MOOC (Figura 8).

Timestamp	Action
2016-12-16 12:18:21	Open the MOOC app (session begin)
2016-12-16 12:20:30	Watch a video
2016-12-16 12:23:13	Watch a video
2016-12-16 12:30:11	Watch a video
2016-12-16 12:35:08	Submit a quiz
2016-12-16 12:40:39	Reply a forum thread
2016-12-16 12:45:30	Watch a video
2016-12-16 12:50:32	Switch to another app (session end)

Figura 8. Datos generados por Clickstream en una sesión MOOC (Li, Wang, & Wang, 2017)

Se puede observar la similitud de la tecnología Clickstream usada con la que se va a emplear en el desarrollo de este trabajo, los Statements. Al igual que con los Statements, tenemos un campo Action (Verb en los Statements) que indica la acción realizada y el tipo de objeto sobre el que ha sido realizada. Podemos ver, por tanto, que la granularidad conseguida por esta tecnología es inferior a la que se apunta en este proyecto, ya que, con la empleada en este, podremos obtener no solo si ha visto un video, pero además de qué video se trata.

No obstante, podemos ver en la Figura 9 la frecuencia de cada tipo de actividad (Leyenda inferior, representada por letras) para cada curso (representados por las barras coloreadas). Gracias a este sencillo gráfico se puede observar cuáles son las tendencias de interacción de los estudiantes para los distintos cursos. De esta manera, también se puede obtener el camino de probabilidades para cada tipo de alumno, habilitando así la posibilidad de conocer con qué probabilidad un estudiante se centrará en un tipo de acciones u otras una vez empezado el curso (Figura 10).

Este tipo de análisis puede ser interesante para enfocarlo de cara al proyecto presentado en este TFG, de manera que se creen modelos de probabilidad de acciones realizadas por usuarios con discapacidad, para así poder establecer unas pautas o elementos en los que se debe asegurar la accesibilidad, es decir, elementos claves para la accesibilidad.

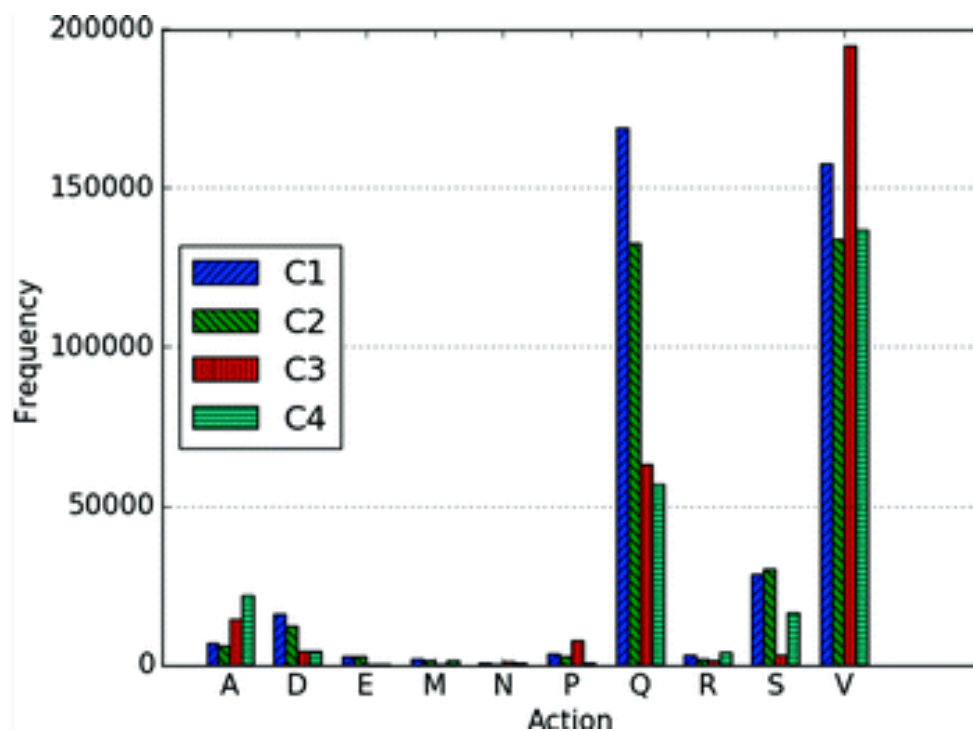


Figura 9. Frecuencia para tipos de acciones para cada curso (Li, Wang, & Wang, 2017)

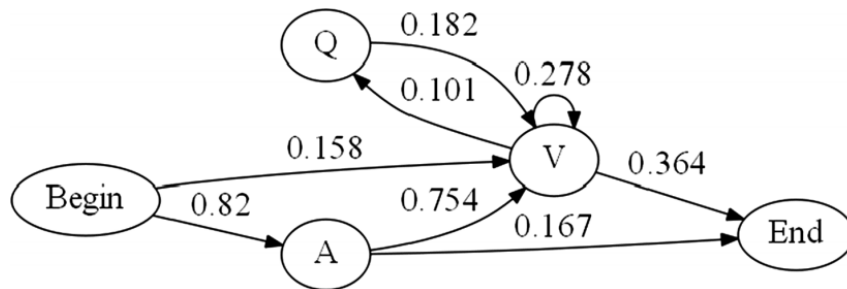


Figura 10. Probabilidad condicional de acciones realizadas por un estudiante no certificado (Li, Wang, & Wang, 2017)

3.1.4. xApi en otros proyectos

El uso del estándar xApi se ha visto en otras muchas áreas de la enseñanza a lo largo de su historia, probando en todas las ocasiones su efectividad y validez como herramienta de monitorización. Un ejemplo de esto es el empleo del estándar para la recogida de datos de interacción de los estudiantes con software de modelado 3D (Yonghe, Souchao, & Lijuan, 2019).

En este proyecto se conectó el software de modelado 3D GeekCAD con la librería xApi, capaz de capturar la interacción con el programa de diseño. Estos datos capturados son enviados a un LRS, para ser posteriormente procesados por una herramienta generadora de informes.

Se realizó un estudio en la escuela de primaria Li Jun, en China. El curso fue realizado por 12 estudiantes en total. Durante el transcurso de los cursos se recogieron datos relacionados con el tiempo empleado en el uso de operaciones, el número de operaciones usadas, las operaciones más usadas, entre otros datos. Por ejemplo, en la Figura 11 podemos ver el número de veces que usaron cada tipo de operación los distintos estudiantes.

Analizando los datos obtenidos se pueden observar distintas tendencias o comportamientos de los distintos estudiantes. Algunos emplean un bajo número de comandos para completar las tareas que les son asignadas, mientras que otros necesitan el empleo de muchos más. Si contrastamos los casos de estudiantes con su resultado en el curso, podemos observar como los que menos uso de comandos tienen, no han completado todas las tareas asignadas.

Podemos ver, que tanto este proyecto, como en otros enfocados en el aprendizaje auto regulado (Manso-Vázquez, Caeiro-Rodríguez, & Llamas-Nistal, 2015), prueban que xApi es un estándar ideal para capturar datos de interacción de los usuarios con sistemas software de enseñanza, independientemente del campo de conocimiento en el que operen, probando además su utilidad a la hora de crear perfiles de rendimiento para estudiantes. Es por esto, por lo que el uso de esta tecnología promete ser una sólida solución para dar solución al problema de detectar barreras de accesibilidad para personas discapacitadas en sitios E-learning.

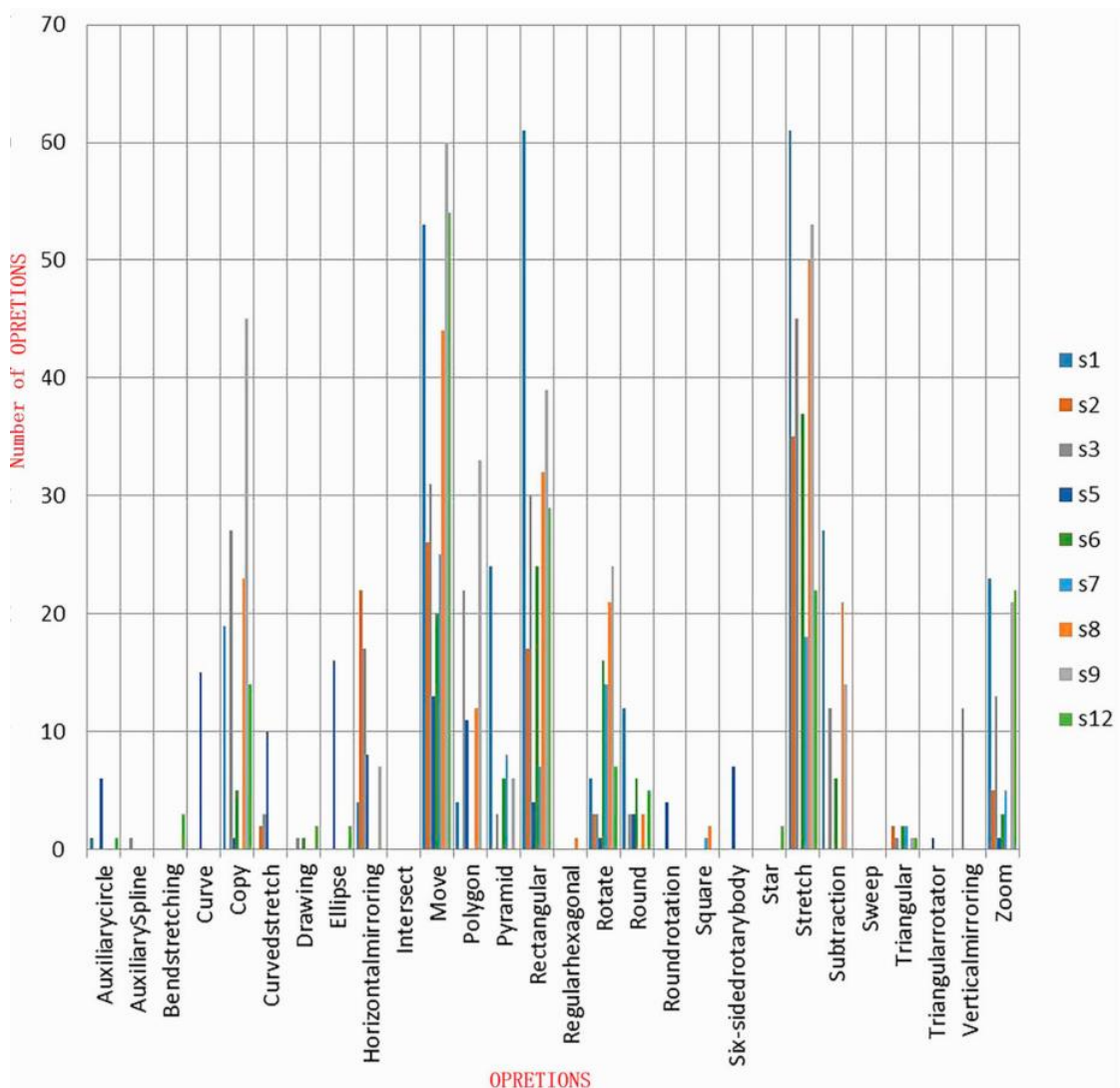


Figura 11. Veces que cada usuario ha usado un comando (Yonghe, Souchao, & Lijuan, 2019)

3.2. Métricas para detectar barreras de aprendizaje

En los cursos online es realmente necesario tener una retroalimentación de la experiencia de los alumnos, de manera que esta nos permita detectar zonas en las que el alumnado tiene más dificultades para superar los objetivos de un apartado del curso en concreto. Por tanto, es esencial poseer de información directa de la experiencia del alumnado, de manera que se puedan detectar barreras de aprendizaje a tiempo y de este modo, abordar el problema aportando soluciones o reformulaciones de contenido, eliminando así las posibilidades de fracaso.

Una de las métricas más importantes que nos permiten observar estas anomalías o fallas en nuestro curso, es el tiempo, el lapso que transcurre mientras un alumno empieza el aprendizaje

de unos contenidos hasta que termina. Esta métrica tiene una importancia destacable, y ya ha sido detectada en estudios realizados, mediante cuestionarios a usuarios de plataformas e-learning (Mungania, 2004). En este estudio se detectan como barreras importantes la dificultad del contenido, falta de tiempo para estudiar el contenido o incluso la calidad de los materiales de aprendizaje. Por tanto, podemos ver como la calidad del curso es un factor crítico para el éxito de este, de manera que deberemos de cuidarlo especialmente. Esta calidad engloba todo, desde la accesibilidad del contenido del curso, hasta su completitud y corrección.

Si observamos el tiempo que emplea un alumno el completar el aprendizaje de un apartado de nuestro curso en cuestión, podemos obtener unas estadísticas muy valiosas. Para un apartado en particular del curso, podremos tener un tiempo estimado para el aprendizaje de sus contenidos que consideremos suficiente para superar con éxito las pruebas que luego confirmen el aprendizaje de estos. Una vez que los alumnos realizan el aprendizaje de estos contenidos, podremos contrastar los tiempos invertidos por cada alumno, para comprobar si en los casos de fracaso al superar las pruebas, puede haber cierta correlación con los tiempos que se han empleado para el aprendizaje de los contenidos.

Con esto, hemos introducido una nueva métrica, el porcentaje de éxito. Y es que esta métrica es muy importante, ya que podremos ver de un vistazo rápido, cuáles son los puntos críticos de nuestro curso online. En los casos donde el porcentaje de fracasos sea mayor que el de éxito, podremos fijarnos, de nuevo, en el tiempo empleado por los alumnos en completar el aprendizaje del apartado. Si observamos un tiempo de aprendizaje mayor del estimado, puede significar que la explicación del contenido no es lo suficientemente clara, o que sencillamente el contenido es demasiado complejo. Por el caso contrario, si observamos que el tiempo de asimilación es corto, podemos asumir que los alumnos no están dando importancia a ese tema, o no genera interés, por tanto, es necesario buscar una forma de mejorar la calidad o forma de presentación de este contenido para mejorar los resultados y casos de éxito.

Otra métrica que puede ser realmente interesante es el número de revisiones de contenido que realiza el alumno. Un indicativo de que un contenido en específico del curso no está bien clarificado y los alumnos no pueden asimilarlo, es fácilmente observable si comprobamos el número de veces que los alumnos tienen que volver a revisar esos contenidos para poder superar la prueba a la que se somete unos minutos después.

3.3. Retroalimentación disponible en otras plataformas

Actualmente existen muchas plataformas de aprendizaje online que aportan métricas y estadísticas sobre la experiencia de los alumnos. No obstante, vamos a centrarnos en la más utilizada hoy en día, Moodle. Ahora bien, esta plataforma de por sí no aporta datos muy complejos o informativos sobre las actividades de los alumnos, no obstante, se puede conseguir un nivel mayor de información mediante un plugin, llamado *Analytics API*.

Esta ampliación a Moodle aporta información muy útil para el éxito de nuestros cursos y actividades. Esto es conseguido a través de una unidad de información visual, los llamados indicadores. Estos indicadores no son más que un número calculado a partir de unos requisitos, de manera que solo incrementarán su valor si se cumplen determinadas circunstancias. Por ejemplo, podemos crear un indicador para un determinado cuestionario, de modo que aumente en número si un estudiante tarda mucho tiempo en completarlo, pero no es capaz de superarlo con éxito. También cabe la posibilidad de generar indicadores mucho más sencillos, que simplemente se basen en el número de veces que se intenta un cuestionario del curso, o en el número de veces que se visita un apartado del curso.

La principal desventaja de esta ampliación de Moodle es el requisito de crear tus propios indicadores, dado que, por defecto, los que se aportan son muy genéricos y en pocas situaciones pueden ser de real ayuda. Añadir, además, que en algunos casos se requiere de conocimientos en programación para implementar nuevas métricas o indicadores.

Otra desventaja, pero en menor medida, es la granularidad o información concreta que pueden aportar las analíticas realizadas, ya que no calculan los tiempos empleados en comprender una unidad de información de un curso, siempre apuntan a elementos más grandes del curso, como puede ser una actividad completa, un cuestionario completo (y no por pregunta), o incluso un curso en concreto (Moodle, 2019).

3.4. La importancia del E-learning accesible

La existencia de cursos E-learning accesibles que permitan una educación a distancia es algo realmente importante para poder facilitar la enseñanza a todos los usuarios, independientemente de su situación. Además, dada la situación actual de emergencia a nivel mundial debida a la pandemia, la mayoría de los gobiernos han decidido cerrar temporalmente

las instituciones de educación en un intento por contener la propagación del COVID-19, afectando a más del 70% de la población mundial de estudiantes (UNESCO, 2020).

Esta situación requiere, por tanto, que prácticamente la totalidad de la educación sea trasladada a un formato online, a distancia, lo que conlleva un peligro para los estudiantes con discapacidad, que corren el riesgo de ser excluidos en esta transformación de la enseñanza. Es por esto por lo que la tecnología accesible debe permitir a los estudiantes, incluyendo a aquellos con discapacidades, la oportunidad de tener acceso a una educación de alta calidad durante un periodo extendido de cierre de instituciones, especialmente en la continuación de los estudios a través de plataformas de educación a distancia (Department of Education, 2020). El propio departamento de educación de los EE. UU. se ofrece a guiar, proveer asistencia técnica e información sobre cualquier flexibilidad disponible, para asegurar que todos los estudiantes, incluyendo aquellos con discapacidades, continúen recibiendo una educación excelente durante estos tiempos difíciles. A pesar de que la mayoría de las instituciones están trasladándose a la educación online, algunos profesores se niegan a proporcionar este tipo de enseñanza, ya que piensan que si lo hacen estarían infringiendo las leyes federales sobre discriminación porque la educación online no es accesible (Department Of Education, 2020).

Finalmente, pese a que la ley federal exige que la enseñanza a distancia sea accesible por estudiantes con discapacidad, no establece unas metodologías específicas para conseguirlo. Esto resulta en que, en casos donde la tecnología suponga una barrera para el acceso o donde los materiales de educación simplemente no se encuentren disponibles en un formato accesible, los profesores deben ofrecer a los estudiantes con discapacidad alternativas igualmente efectivas. Por ejemplo, si el documento enviado a la clase no es accesible, el profesor deberá proveer un audio de la lectura de este a estudiantes ciegos (Department Of Education, 2020).

En los párrafos anteriores, podemos ver como la situación de crisis actual está poniendo de relieve que la educación online no está respondiendo a las necesidades de las personas con discapacidad, no porque no pueda, si no porque los profesores no la emplean de forma adecuada. Por tanto, la solución del proyecto que se aborda en este trabajo es de gran importancia para asegurar el éxito de cualquier estudiante durante esta situación de emergencia. Gracias a esta, los profesores serán capaces de detectar situaciones en las que estudiantes discapacitados no tengan acceso a una educación igual a la del resto de estudiantes, siendo capaces de proveer de alternativas efectivas a los mismos, de manera que se consiga una educación igualitaria que no discrimine su situación.

4. Objetivos

En este capítulo se procede a desarrollar cuáles son los objetivos generales del proyecto en cuestión.

El objetivo general consiste en la puesta en marcha de un curso online mediante la plataforma para cursos e-learning, fruto del TFG antecedente a este. Una vez tengamos el curso disponible, el objetivo es que sea puesto en marcha y usuarios lo realicen, consiguiendo así datos de experimentación con este sistema de cursos online. Una vez tenemos estos datos, el objetivo será analizarlos mediante algún procedimiento automático de manera que obtengamos retroalimentación del curso y se puedan detectar problemas reales.

No obstante, vamos a clarificar un poco más cada uno de los objetivos por separado, de manera que se vean como algo más específico, todo para conseguir la solución final:

1. Puesta en marcha de la plataforma de cursos online proveniente del TFG antecedente al presente.
2. Realizar pruebas de carga y estrés en el sistema E-learning con las tecnologías empleadas, de manera que podamos detectar limitaciones y establecer cuáles serán los límites de su uso. Además, establecer planes de acción alternativos en caso de que alguno de los elementos del sistema se vea comprometido y no sea apto.
3. Una vez puesta en marcha la plataforma, crear un curso empleando esta tecnología, que cumpla una serie de requisitos y abarque un tema de interés general, de manera que no tengamos que restringirnos a una población en particular.
4. Realización de una prueba inicial del sistema, con una selección de estudiantes pequeña, para recoger los primeros datos y de este modo, realizar una prueba de funcionamiento real con varios usuarios conectados simultáneamente a la plataforma.
5. Una vez obtenidos los primeros datos de experimentación, diseñar un procedimiento o guion de código que nos permita analizar estos datos de forma automática y nos aporte algunas estadísticas iniciales sobre la interacción de los estudiantes con el curso.
6. Implementación de una versión del curso no accesible, de manera que podamos realizar A/B testing y así poder descubrir barreras en el aprendizaje para personas que padezcan algún tipo de discapacidad.
7. Diseño e implementación de un sistema que permita visualizar los datos de manera automática en una interfaz web, de manera que el usuario final creador del curso pueda ver los resultados de la realización de este.

5. Metodología

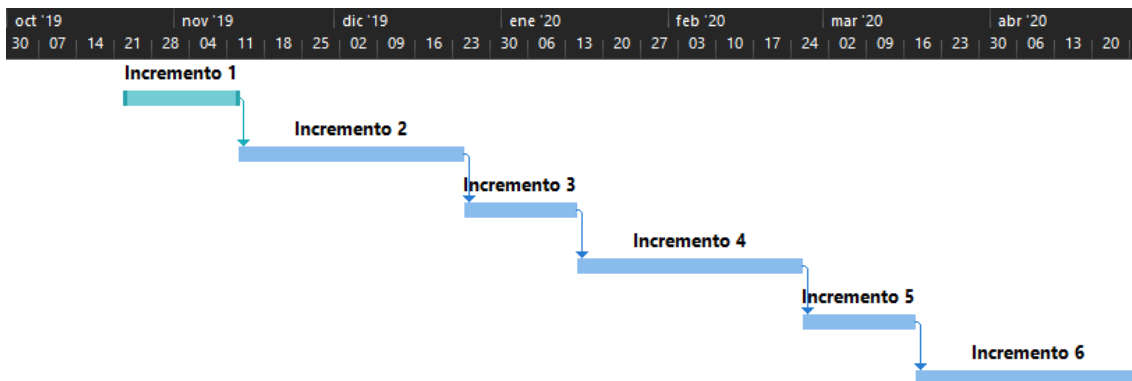


Figura 12. Planificación temporal TFG

En este apartado se procede a explicar la/s metodologías a emplear a lo largo del proyecto en sus distintas fases del desarrollo.

Abordando la cuestión del sistema de cursos online, se plantea el uso de una metodología ágil tipo Scrum (Francia, 2017) mediante el empleo de incrementos entregables. El resto de las características de una metodología SCRUM se simplifican, al aplicarse a un miembro individual y no a un equipo de desarrollo.

El desarrollo se va a dividir en 6 Scrum Sprints, también denominados incrementos. Al final de cada uno de estos incrementos se obtendrá una versión entregable del producto. Sobre esta versión entregable, se irán añadiendo más funcionalidades en los siguientes incrementos, llegando así a la versión final del mismo y su puesta en producción.

En la Figura 12, se muestra una planificación temporal del desarrollo, que representa la entrega de estos incrementos en una escala temporal.

A continuación, se detallan los incrementos, especificando su duración y las metas a conseguir al final de cada uno de ellos:

INCREMENTO 1: Puesta en marcha plataforma de cursos Online

Duración: 2 semanas

Metas:

- Estudiar memoria del TFG previo, del cual proviene la tecnología a emplear.
- Crear cuentas de usuario, activar servicios de terceros necesarios para la puesta en marcha.
- Cambiar los parámetros de ajuste del sistema de cursos online.
- Puesta en marcha de forma local del sistema de cursos online.

INCREMENTO 2: Crear curso online sobre el que se realizarán las pruebas (versión accesible)

Duración: 1 mes

Metas:

- Selección de un tema de interés común, sobre el que ya se tenga una base de conocimiento para facilitar la creación del contenido.
- Elección y estudio en profundidad de los temas que se van a incluir en el curso.
- Crear lecciones del curso.
- Crear cuestionarios que prueben los conocimientos presentados en las lecciones.
- Requisitos de accesibilidad: Pies de foto, transcripciones para vídeos.

INCREMENTO 3: Puesta en producción

Duración: 2 semanas

Metas:

- Creación de servidor web Firebase.
- Puesta en producción del sistema E-learning.
- Pruebas de rendimiento y uso.

INCREMENTO 4: Primera prueba real del sistema

Duración: 1 mes

Metas:

- Solicitar que una selección de estudiantes realice el curso.
- Monitorizar uso de la plataforma durante la realización del curso por parte de los estudiantes.
- Recogida de datos durante la prueba.
- Proponer una solución para el análisis de los datos recogidos.
- Crear indicadores a partir de los datos recogidos.
- Establecer conclusiones sobre los indicadores.

INCREMENTO 5: Versión no accesible del curso para A/B testing

Duración: 2 semanas

Metas:

- Localizar posibles nodos críticos de accesibilidad.
- Introducir fallas de accesibilidad en esos nodos críticos.

INCREMENTO 6: Plataforma de visualización de datos

Duración: 1 mes

Metas:

- Elección de una tecnología para crear la plataforma de visualización de datos.
- Búsqueda de librería de gráficas JavaScript/HTML.
- Implementar recogida automática de los datos del LRS.
- Automatizar cálculo de indicadores.
- Despliegue en entorno local.

Durante todo el desarrollo del proyecto, para las fases que requieran de administración de código, se empleará la herramienta Git, de manera que todo el código se encuentre alojado en un repositorio central. Para alojar el repositorio central remoto se ha elegido la web GitHub para su alojamiento. Toda la gestión de uso de Git se ha realizado a través de su cliente Git CLI (*Command Line Interface*), teniendo una gran destreza con la herramienta por su gran uso durante la carrera y empleos temporales.

Se hace uso, además, de un portal o blog en el que se van dejando plasmados los avances en el proyecto, a modo de documentación de este. Este Blog se realizó como recomendación de uno de los tutores del TFG, Sergio Luján. En este blog, con cada nueva entrada de nuevos avances en el desarrollo del trabajo, se notificaba a los tres participantes de esta publicación vía email. Además de esto, los tutores pueden interactuar con esta publicación aportando comentarios con ideas, opiniones o soluciones a lo planteado en la entrada en cuestión. Estos comentarios también serán notificados a los participantes, de manera que con este blog se establece un canal de comunicación entre estudiante y tutores de TFG imprescindible. Hay que destacar también la utilidad que aporta este blog a la hora de redactar la memoria del TFG, que servirá como marco temporal del desarrollo realizado, facilitando así el trabajo posterior.

6. Análisis y especificación

Antes de comenzar con el diseño del proyecto, es indispensable especificar sus funcionalidades, servicios y restricciones. Se va a realizar una definición de los requisitos funcionales y algunos no funcionales para la solución a presentar.

Requisitos no funcionales que se deben cumplir:

Sitio web E-learning:

- La plataforma debe ser capaz de operar de manera adecuada con hasta 40 usuarios con sesiones concurrentes.
- Toda funcionalidad del sistema y navegación debe responder al usuario en menos de 5 segundos.
- Debe ser capaz de enviar todos los informes de actividad generados por el usuario.

Sitio web de Monitorización de datos:

- La plataforma debe ser capaz de operar de manera adecuada con hasta 2 usuarios concurrentes.
- Toda la funcionalidad del sistema y navegación debe responder al usuario en menos de 5 segundos.
- Debe ser capaz de realizar peticiones HTTP y procesar respuestas JSON.
- Debe ser capaz de recuperar los datos de interacción, procesarlos y mostrarlos al usuario en menos de 10 segundos.

Procedemos ahora al empleo de tablas de especificación de requisitos funcionales, compuestas por los siguientes campos:

- **Id:** Siglas empleadas para identificar un requisito de manera única. Para requisitos relacionados con el sistema E-learning, se emplearán las siglas REL. Para requisitos relacionados con el sistema web de Monitorización de datos, se emplearán las siglas REM.
- **Nombre:** Nombre representativo del requisito funcional.
- **Prioridad:** Puede ser baja, media o alta dependiendo de la importancia que tenga el requisito dentro del proyecto.
- **Detalles:** Descripción detallada del requisito.

Id	RELO1
Nombre	Curso online accesible
Prioridad	Alta
Detalles	Se debe crear un curso online completo y accesible

Tabla 2. Requisito RELO1

Id	RELO2
Nombre	Curso online no accesible
Prioridad	Media
Detalles	Se debe crear una versión del curso no accesible

Tabla 3. Requisito RELO2

Id	RELO3
Nombre	Conectar con Firebase
Prioridad	Alta
Detalles	Se debe crear un proyecto en Firebase y configurar el proyecto para que lo emplee.

Tabla 4. Requisito RELO3

Id	RELO4
Nombre	Conectar con SCORM LRS
Prioridad	Alta
Detalles	Se debe crear una cuenta en SCORM y configurar la aplicación para que envíe los datos de interacción al endpoint.

Tabla 5. Requisito RELO4

Id	RELO5
Nombre	Nuevo Statement
Prioridad	Alta
Detalles	Se debe crear un nuevo Statement que registre la salida del estudiante de una sección del curso.

Tabla 6. Requisito RELO5

Id	REM01
Nombre	Crear aplicación web
Prioridad	Alta
Detalles	Se debe crear una aplicación Web completa

Tabla 7. Requisito REM01

Id	REM02
Nombre	Peticiones HTTP
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe ser capaz de enviar peticiones HTTP y recuperar datos

Tabla 8. Requisito REM02

Id	REM03
Nombre	Análisis de datos de interacción
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe ser capaz de analizar los datos recogidos en un JSON y analizarlos de forma automática.

Tabla 9. Requisito REM03

Id	REM04
Nombre	Generar indicadores
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe ser capaz de generar indicadores a partir de los datos analizados.

Tabla 10. Requisito REM04

Id	REM05
Nombre	Gráficos
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe realizar uso de la librería Chart.js para la generación de gráficos dinámicos

Tabla 11. Requisito REM05

Id	REM06
Nombre	Interfaz tipo dashboard
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe mostrar las gráficas en una estructura tipo dashboard

Tabla 12. Requisito REM06

Id	REM07
Nombre	Material design
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe incorporar el estilo material design para conseguir una interfaz limpia y accesible.

Tabla 13. Requisito REM07

Id	REM08
Nombre	Autenticación
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe estar protegida mediante autenticación de administrador

Tabla 14. Requisito REM08

Id	REM09
Nombre	AJAX
Prioridad	Alta
Detalles	La aplicación debe poder recargar los datos de la página sin requerir ningún tipo de acción por parte del usuario.

Tabla 15. Requisito REM08

7. Diseño

7.1. Arquitectura de un curso

La plataforma de cursos online empleada como base para esta investigación emplea una estructura modular. Gracias a esta estructura, la creación de contenido nuevo para el curso resulta sencilla y flexible.

Esta flexibilidad se consigue gracias a la división de componentes del curso representada por la Figura 13. Un curso estará compuesto por distintas secciones, que agruparan los contenidos por un grupo de conocimiento general. Dentro de cada sección, nos encontraremos con distintas lecciones. Cada lección profundiza en un tema en concreto derivado del tema de la sección. Por último, pero no menos importante, tenemos los chunks.

Llamamos chunks a los distintos objetos que componen una lección. Estos componentes u objetos son unidades de información. Además, tienen la posibilidad de representar distintos tipos de contenidos según los parámetros con los que son creados.

En la Figura 14 podemos ver un esquema que agrupa los distintos chunks que tenemos disponibles para crear el contenido del curso. Estos se encuentran agrupados por el aspecto final que tendrán en la interfaz.

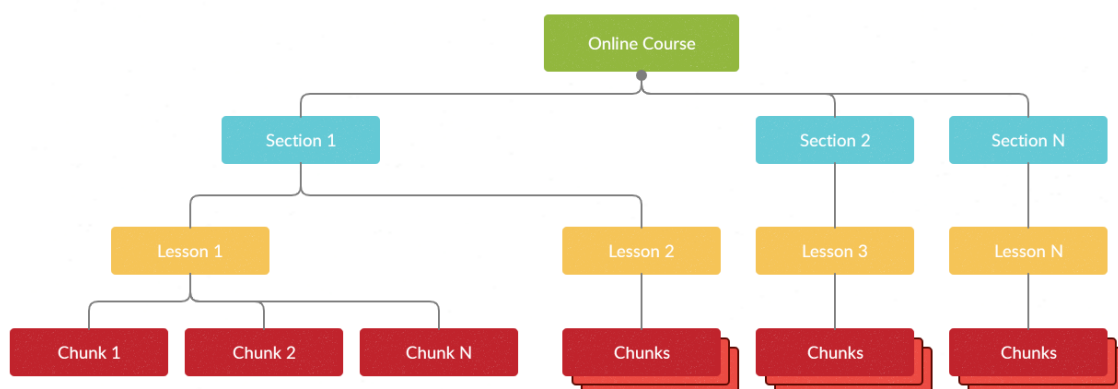


Figura 13. Arquitectura de un curso

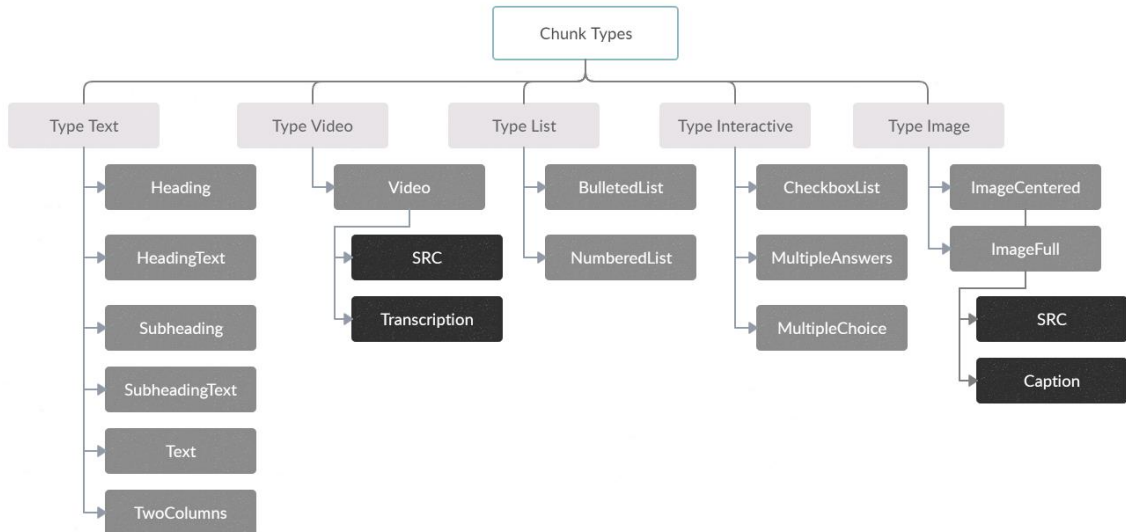


Figura 14. Tipos de chunk disponibles

- **Chunks de tipo texto:** Tendrán aspecto de párrafo en nuestro curso. Dentro de este tipo, encontramos distintas formas de presentar la información, como pueden ser en forma de encabezado, texto plano o texto a dos columnas.
- **Chunks de tipo video:** Son los encargados de insertar un video en el curso con el que los estudiantes puedan interactuar. Este chunk recibe como información el ID de un vídeo de YouTube, además de un enlace a una transcripción, de manera que el vídeo sea accesible para usuarios con dificultades.
- **Chunks de tipo Lista:** Tendrán aspecto de lista en la interfaz del curso. Podremos crear dos tipos de listas, numeradas y de viñetas.
- **Chunks Interactivos:** Estos chunks son los encargados de aportarnos la funcionalidad para evaluar el aprendizaje de los estudiantes. Mediante este tipo de chunk podremos crear preguntas tipo test para evaluar los conocimientos. Podremos crear preguntas que tengan varias respuestas válidas, así como preguntas que tengan sólo una respuesta correcta. Además de esto, tendremos a nuestra disposición la posibilidad de crear listas de checkbox para asegurarnos de que el usuario lee ese contenido.
- **Chunks de tipo Imagen:** Son los encargados de mostrar información de manera gráfica mediante una imagen. Podremos insertar imágenes centradas o imágenes que ocupen toda la pantalla para darles más importancia. Los elementos que componen este tipo de chunk serán una URL o Fuente para mostrar la imagen, además de un pie de foto. La inclusión de este pie de foto es un aspecto esencial para poder asegurar que la información de la imagen sea accesible para usuarios con discapacidad. En este pie de foto se deberá sintetizar la información que transmite la imagen.

Podemos ver en la Figura 15 un pequeño ejemplo de la metodología a seguir para implementar un curso. A la hora de implementar el curso, deberemos seguir un esquema JSON parecido al que se observa en la figura inferior. Se puede relacionar en esta la estructura explicada más arriba.

```
"courses": {
  "c01": { Curso
    "imageUrl": "background-image: url(\"https://firebasestorage.
    "URI": "/sample",
    "title": "Sample Title",
    "description": "",
    "__collections__": {
      "sections": {
        "s0": { Sección
          "id": "s01",
          "title": "",
          "__collections__": {
            "lessons": {
              "l01": {
                "description": "",
                "URI": "/",
                "title": "",
                "__collections__": {
                  "chunks": {
                    "c0": { Chunk
                      "type": "subheading",
                      "attributes": {
                        "data": ""
                      },
                      "__collections__": {}
                    },
                    "c0": { Chunk
                      "type": "text",
                      "attributes": {
                        "paddingTop": 0,
                        "data": ""
                      },
                      "__collections__": {}
                    },
                    "c0": { Chunk
                      "type": "video",
                      "attributes": {
                        "videoId": "",
                        "transcriptUrl": ""
                      },
                      "__collections__": {}
                    }
                  }
                }
              }
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

Figura 15. Representación de arquitectura de un curso en JSON

7.2. Elección del tema y diseño del curso

El paso previo al diseño de los contenidos del curso online sobre el que se van a realizar las pruebas es la elección del tema sobre el que va a tratar. La elección del tema es un factor clave para el éxito o fracaso del curso. El tema que se elija influirá en el interés que genera el curso a los posibles estudiantes, el alcance que pueda tener y el público al que afecte. La elección del tema también afecta a la concentración que pondrán los usuarios a la hora de estudiar los contenidos, ya que no realizarán el mismo esfuerzo en un tema que no les interesa o aporta ninguna herramienta útil.

Por tanto, el tema que elijamos debe tener ciertas características, de manera que sea de interés general para poder llegar al máximo de usuarios posibles, además de aportarles conocimientos que puedan aplicar y aprovechar en sus vidas. El tema también tiene que ser de actualidad y popular, de manera que nuestro contenido sea interesante para un público dentro de un rango de edad lo más amplio posible.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se barajaron varias posibilidades de temas sobre los que podría tratar el curso. En un primer momento se pensó en realizarlo sobre coches y sus características, explicando el funcionamiento de los distintos componentes, como pueden ser el motor, la dirección o los frenos. No obstante, un contenido de este tipo, con un nivel técnico tan alto, probablemente no generase tanto interés en los usuarios, además de no servirles de utilidad en su vida cotidiana.

Con la conclusión obtenida de la primera idea, y dándole una revisión a la misma, se tomó la decisión de seguir enfocando el contenido al apartado mecánico de los vehículos, pero tomando otro punto de vista. Esta vez, el tema elegido es el del mantenimiento de los vehículos, ya que es un tema de mucho más interés general, además de aportar conocimientos útiles a la población en general, ya que España es el cuarto país con más coches por habitante.

Otro de los factores que influyeron en la elección de este tema fueron la existencia de numerosas revistas dedicadas al mundo del motor, así como de programas dedicados a vehículos emitidos en la televisión e internet. Además de esto, en los últimos años, el interés por los vehículos y la mecánica ha experimentado un aumento entre la población joven.

EDAD MEDIA DEL PARQUE DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA



Figura 16. Edad media del Parque automovilístico en España (Faconauto, 2019)

Un hecho decisivo para la elección este ámbito, fue la situación del parque automovilístico actualmente en España. Como se puede observar en la Figura 16, la edad media de los vehículos del parque automovilístico por comunidades autónomas no se encuentra por debajo de los 11 años en ningún momento. Y esta situación no hace más que agravarse, al haber un alto porcentaje de coches por encima de los 16 años de antigüedad (aproximadamente el 45% en algunos casos).

Durante la vida útil del vehículo, cada período fijo de 1 año o 15.000km, se deben de realizar mantenimientos esenciales para asegurar su funcionamiento. Si el mantenimiento no se respeta y no se realiza, puede derivar en problemas mayores. Muchas averías pueden ser causadas por un mal mantenimiento del vehículo, y algunas de ellas pueden suponer gastos de miles de euros en reparaciones.

Los costes del mantenimiento de un vehículo varían mucho dependiendo de la marca y modelo que se trate. Una tendencia común a todos los vehículos es que, pasados los primeros años de vida, el precio de los mantenimientos se estabilice al convertirse estos en mantenimientos rutinarios. No obstante, se pueden dar casos extraordinarios en los que se requiera un mantenimiento más importante y por consiguiente, más costoso.

EL COSTE DE MANTENER UN COCHE 100.000 KM.

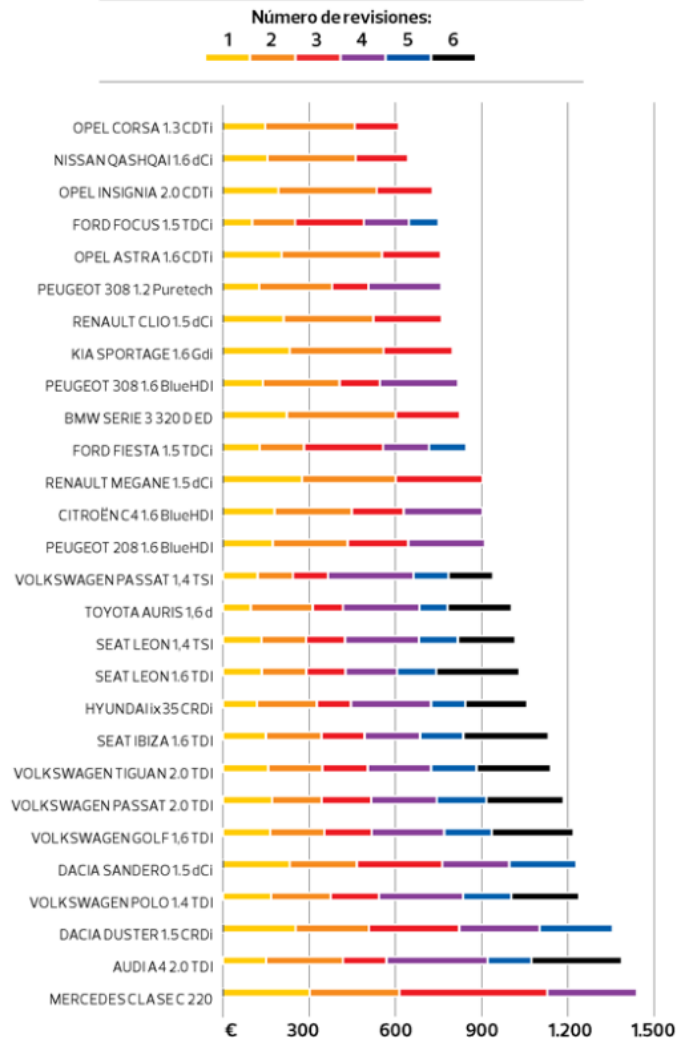


Figura 17. Coste de mantener vehículos durante 100.000 km (OCU, 2016)

Podemos ver en la Figura 17 como varían los costes de mantenimiento para un vehículo durante los primeros 100.000km de vida o 6 años equivalentes. Si realizamos un cálculo rápido, se observa que la media esperada es de unos 900€ gastados en mantenimientos rutinarios.

No obstante, hoy en día, la mayoría de las marcas de vehículos dan al cliente la comodidad de tener los primeros 4 años de mantenimientos de forma gratuita. Por ello, estos primeros años de mantenimientos, donde el coche aún es relativamente nuevo y la probabilidad de que sufra averías es menor, no suponen un gasto importante para el propietario. Es por esto, que a partir de los primeros 5 años de vida cobra mayor importancia el buen mantenimiento del vehículo, a un precio económico, para asegurar nuestra seguridad y una larga duración del coche.

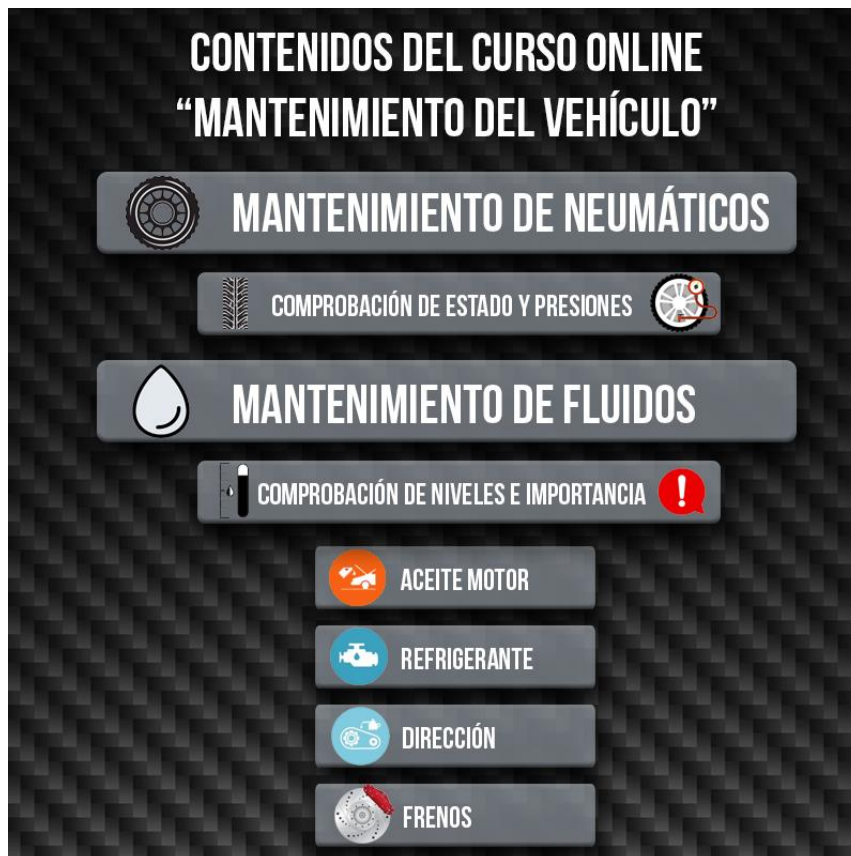


Figura 18. Estructura de contenidos elegida para el curso

Realizar estas reparaciones en el concesionario oficial o un taller de confianza, puede suponer gastos de hasta 500€ por mantenimiento solo en mano de obra, dependiendo de la importancia del mantenimiento a realizar. A estos gastos, habrá que sumarles los gastos de los pequeños mantenimientos, que poco a poco se irán acumulando. Por tanto, una alternativa interesante es realizar por nuestra cuenta los pequeños mantenimientos que no necesitan de herramientas ni conocimientos especializados, para ahorrar gastos en mano de obra.

Es por esto por lo que se ha decidido elegir el mantenimiento del vehículo como tema para el contenido del curso para realizar las pruebas.

Se ha diseñado un curso siguiendo el esquema visual representado en la Figura 18. Se ha realizado una selección de los elementos de mantenimiento de un vehículo más comunes y sencillos para asegurar un buen funcionamiento de este.

La estructura del curso se organizará en dos grandes secciones, separando los contenidos en los relacionados con los neumáticos y los fluidos del vehículo. Dentro de cada sección general, encontraremos lecciones que traten de elementos en concreto.

La primera sección del curso tratará sobre el mantenimiento de los neumáticos, indicando unas pautas e instrucciones para comprobar su estado y presión. Se hablará también en este apartado de la importancia de mantener los neumáticos en un buen estado y en presiones adecuadas, todo ello para asegurar la seguridad de los ocupantes del vehículo.

La segunda sección del curso tratará sobre el mantenimiento de los distintos tipos de fluidos, junto con su importancia en distintos aspectos de la seguridad del vehículo. También se tratará de recomendaciones a la hora de realizar las mediciones de los niveles de estos fluidos, así como de recomendaciones a la hora de sustituirlos o reponerlos.

La evaluación de los contenidos se realizará al final de cada lección. De este modo, al terminar cada lección entraremos a una nueva, encargada de evaluar el aprendizaje del estudiante sobre los contenidos asimilados en la lección anterior.

En cuanto a la creación del contenido del curso, se han elegido fuentes fiables sobre las que contrastar información incluida en las lecciones. Ejemplos de estas fuentes pueden ser revistas de automoción o libros de mantenimiento oficiales. Para añadir información interesante, se aportará información de conocimiento propio, al haber realizado visitas a un taller oficial de la empresa Nissan para adquirir nociones básicas sobre el mantenimiento del vehículo.



Figura 19. Versiones del curso.

Por último, una vez escogidos los contenidos del curso y su estructura, deberemos crear dos versiones de este siguiendo la idea presentada en la Figura 19. Una primera versión será accesible, versión en la que todos los contenidos del curso cumplen todos los criterios de accesibilidad y permiten el aprendizaje a estudiantes que sufren algún tipo de discapacidad. También se implementará una segunda versión no accesible, versión en la que los contenidos del curso no cumplen los criterios de accesibilidad y, por tanto, serán introducidos como nodos críticos para estudiantes con dificultades.

7.3. Diseño de pruebas y validación para el curso

7.3.1. Prueba inicial del sistema

Una vez finalizada la implementación del curso que ha sido diseñado en el apartado anterior, se deberá realizar una prueba para verificar el correcto funcionamiento del sistema de cursos. Esta primera prueba piloto será útil para comprobar la carga del sistema de cursos, así como para comprobar la correcta recogida de los datos de interacción.

La prueba en concreto seguirá el esquema representado en la Figura 20. Se escogerá a un grupo de usuarios de un mínimo de 10 integrantes para que realicen el curso de manera simultánea. El curso que van a realizar estos usuarios será el que cumple con los criterios de accesibilidad, de manera que podamos comprobar el comportamiento de los usuarios ante un curso que no presenta dificultades.

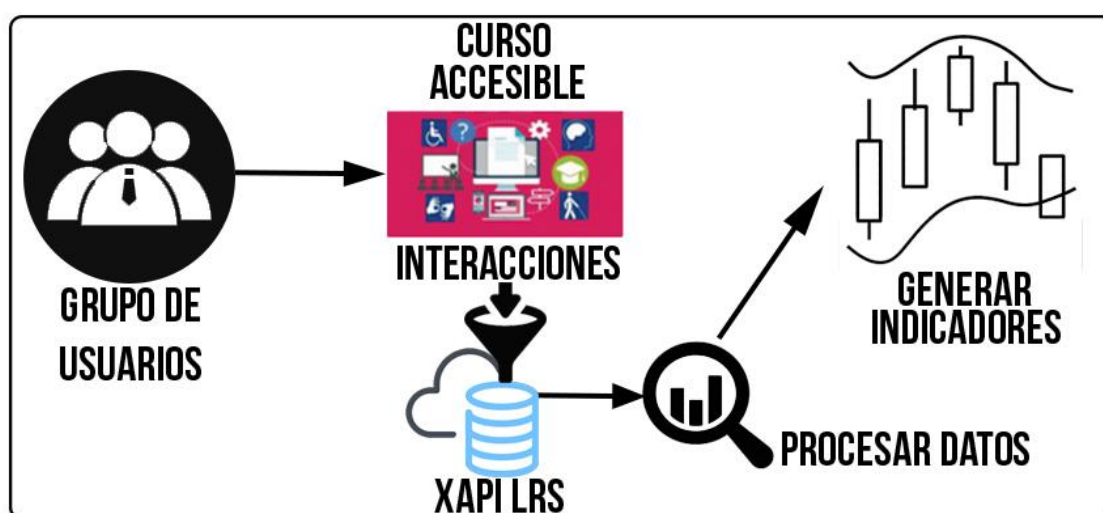


Figura 20. Esquema de primeras pruebas a realizar



Figura 21. Datos de uso de la base de datos Firebase

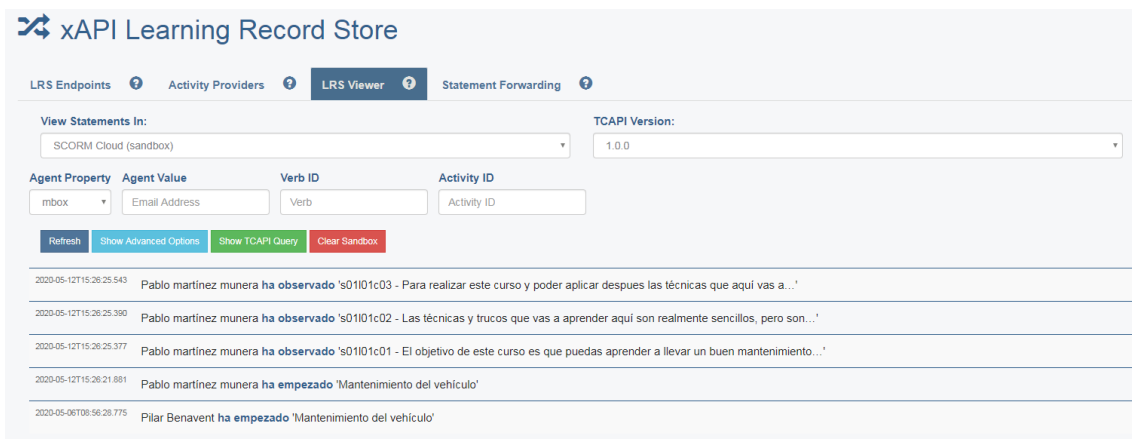


Figura 22. Vista de Statements capturados en LRS

Durante la prueba, se estará monitorizando el uso de la aplicación desde la consola de administración de Firebase (Figura 21), de manera que sirva como prueba de carga para el sistema. A su vez también se monitorizará la recogida de datos en el LRS para comprobar que se recogen todas las interacciones de los estudiantes (Figura 22). Con los datos obtenidos en esta prueba seremos capaces de establecer una carga límite que puede soportar el sistema, además de permitirnos comprobar que el sistema funciona cuando se encuentra en un escenario de uso real.

Una vez finalizada la prueba, se analizarán los datos mediante algún procedimiento automático, como puede ser un guion de código. Este guion se encargará de analizar los Statement generados en formato JSON, para extraer de ellos la información relevante para la creación de

indicadores. Posteriormente, esos datos ya analizados serán exportados por el propio proceso software a un documento de texto en formato CSV.

Los datos de los archivos CSV serán importados en Excel y se procederá a la validación de las pruebas del curso, generando para ello los indicadores y gráficos pertinentes. En esta fase se comprobará que el curso no ha presentado ningún problema de accesibilidad, que los contenidos del curso son lo suficientemente complejos, que la duración del curso es adecuada, y que la mayoría de los alumnos pueden superarlo de forma exitosa.

7.3.2. Pruebas A/B

Una vez validado el correcto funcionamiento del sistema mediante la prueba inicial definida en el apartado anterior, se realizarán las pruebas A/B. El concepto de prueba A/B se refiere al hecho de analizar el comportamiento de los usuarios frente a dos versiones distintas de un producto.

Para el caso de este proyecto, los productos en cuestión serán las versiones accesible y no accesible del curso. De esta manera, sometiendo a distintos grupos de usuarios a pruebas con las dos versiones del curso seremos capaces de detectar problemas de accesibilidad en el mismo.

El desarrollo de estas pruebas seguirá un esquema como el que define la Figura 23. En este esquema podemos ver que tendremos dos grupos de usuarios. Uno de los grupos presentará algún problema de discapacidad, mientras que el otro no. Estos grupos se mezclarán y se crearán dos nuevos grupos, en los que haya estudiantes con y sin discapacidad. Una vez completados ambos cursos, los datos recogidos serán sometidos a diversas analíticas que nos permitan detectar la existencia de nodos críticos en el curso.

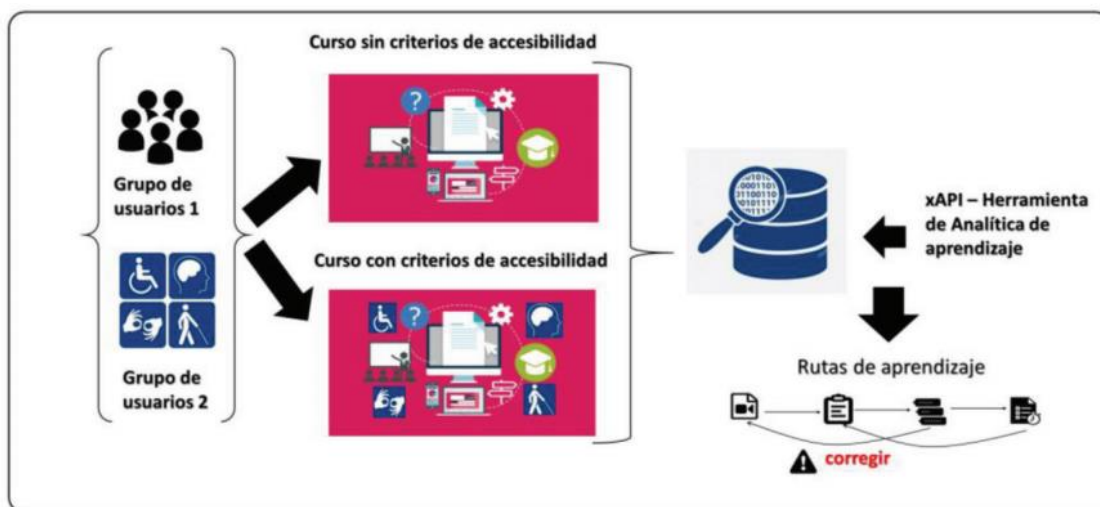


Figura 23. Esquema de pruebas A/B
(Buenaño-Fernández & Luján-Mora, 2019)

La detección de nodos críticos para la accesibilidad en estudiantes con dificultades se realizará mediante la experiencia previa. Una vez el curso accesible es realizado por todos los estudiantes, se establecen unas franjas temporales esperadas para la realización de cada una de las actividades. Después, cuando el grupo del curso no accesible ha finalizado, se comparan las marcas temporales esperadas con las obtenidas. Si las marcas temporales obtenidas son significativamente inferiores a las esperadas, puede significar que ese contenido no era accesible y no se ha podido asimilar por estudiantes con discapacidad. Por otro lado, si el tiempo obtenido es mucho mayor, significará que ese contenido, al no ser accesible, ha necesitado de un mayor esfuerzo para su asimilación o comprensión por un usuario que presenta dificultades.

En la Figura 24 se puede ver claramente el proceso de detección de nodos críticos. Cuando un estudiante discapacitado realiza el curso y se encuentra con un vídeo, pero el tiempo que ha invertido en verlo es significativamente mayor al planificado, y posteriormente, en un cuestionario relacionado con los conceptos vistos en el vídeo, emplea un tiempo notablemente inferior al planificado para esa tarea, estaremos ante un nodo crítico. Esto se debe a que seguramente el vídeo no era accesible para el estudiante (p. ej. no disponía de transcripción), con lo cual no ha podido adquirir los conocimientos que se planteaban en el video, y por consecuente, no ha sido capaz de superar la prueba planteada posteriormente.

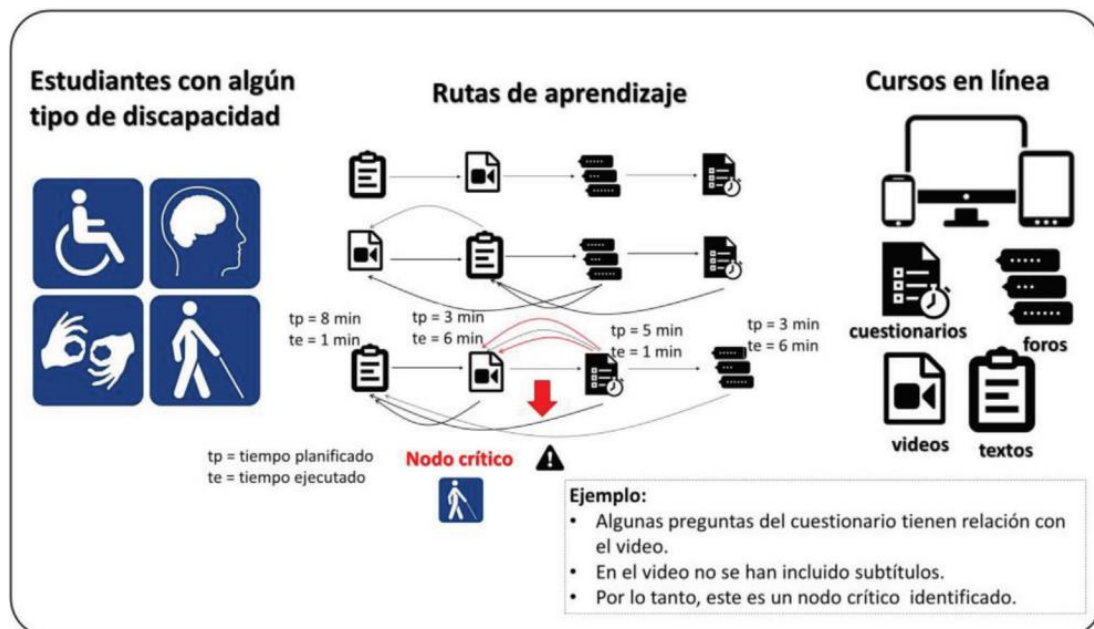


Figura 24. Esquema que describe el problema (Buenaño-Fernández & Luján-Mora, 2019)

7.3.3. Limitaciones y diseño de alternativas

Durante el diseño de las pruebas se realizó una investigación de las limitaciones que presentaban las herramientas de terceros empleadas. Estas herramientas son Firebase y SCORM Cloud, ambas en su versión gratuita. Es necesario comprobar que tienen un margen lo suficientemente amplio como para realizar las pruebas anteriormente especificadas.

7.3.3.1. Limitaciones Firestore

El plan gratuito empleado para este proyecto se denomina plan Spark. Este plan incluye de forma gratuita el uso de base de datos, almacén de archivos, autenticación y hosting. Muchas de las tecnologías ofrecidas cuentan con limitaciones más que suficientes para el uso que se les va a dar en el TFG.

La única tecnología que posee unas limitaciones más importantes es la herramienta Firestore. Firestore es una base de datos en formato JSON. En esta base de datos se almacenarán todos los avances de los usuarios, así como el contenido de los cursos. Debido a esto, el número de lecturas y escrituras en base de datos será considerablemente alto.

En la Figura 25 podemos ver las limitaciones de operaciones de escritura, lectura y eliminación en BD por día. Como podemos ver, el número de lecturas disponible es de 50.000, mientras que el de escrituras y borrados es de 20.000.

Cloud Firestore	
Datos almacenados	1 GiB en total
Salida de red	10 GiB por mes
Operaciones de escritura de documentos	20,000/día
Operaciones de lectura de documentos	50,000/día
Operaciones de eliminación de documentos	20,000/día

Figura 25. Limitaciones Firestore, plan Spark

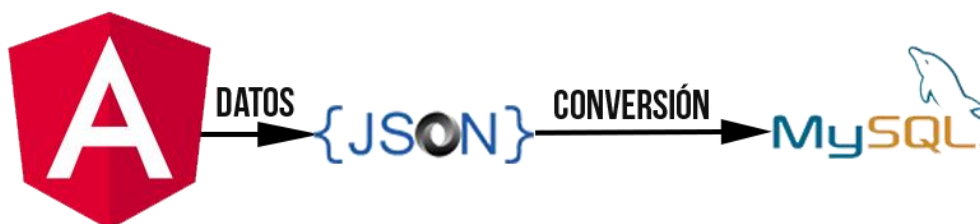


Figura 26. Ejemplo de transformación de datos JSON a MYSQL

En principio, el empleo de Firestore no debería suponer ningún problema para el desarrollo del TFG. No obstante, como plan de emergencia, se diseñaron y estudiaron alternativas a esta BD.

La alternativa diseñada en caso de necesidad por falta de recursos en Firestore consistía en pasar la escritura y lectura de datos de JSON a MySQL, empleando algún método software de transformación intermedio. Podemos ver un ejemplo del sistema planteado en la Figura 26. Como se puede observar, la idea es convertir esos datos JSON a formato MySQL, dividiendo los datos en tablas y columnas. Una vez dividido, el contenido será enviado a una BD MySQL alojada en un hosting propio, evitando así las limitaciones de Firestore.

7.3.3.2. Limitaciones SCORM Cloud

Esta tecnología es la empleada para almacenar los Statements recogidos por el sistema de cursos Angular. En concreto, hacemos uso del SCORM Cloud LRS. Una de las características de este LRS es la posibilidad de mostrar de forma gráfica los Statements en la web. Nos permite, además, recuperar todos los Statements almacenados, tanto con criterios como sin ellos. Algunos de estos criterios son, por ejemplo, fechas límite inicio y fin, usuarios que realizaron la acción, etc.

Durante la investigación realizada para comprobar las limitaciones que tenía SCORM, se pudo comprobar, como bien representa la Figura 27, que existían ciertas limitaciones. En un primer supuesto, al ver las limitaciones de SCORM para uso gratuito, estas indicaban un máximo de 10 usuarios. No obstante, tras una investigación más profunda, resultó que esta limitación solo era aplicada a usuarios de su servicio de LMS.

Por tanto, no existe ninguna restricción para el uso de su servicio de LRS, que es lo que emplearemos en el desarrollo de este trabajo. Incluso se menciona en un pequeño diálogo, que el empleo del servicio de Sandbox (almacén LRS) es ilimitado. Es por esto por lo que no se realizó mayor investigación al respecto.

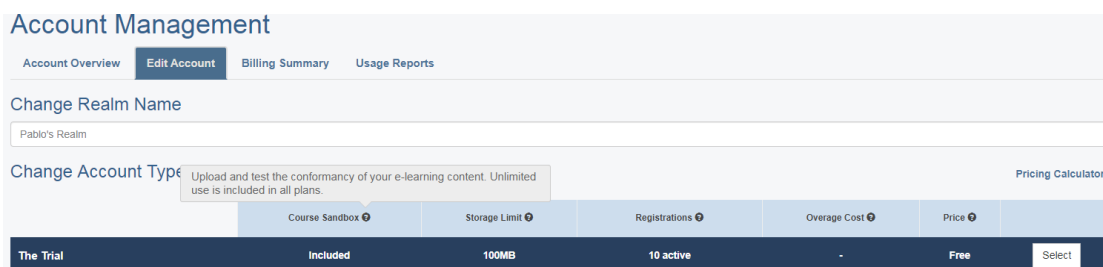


Figura 27. Detalles del plan gratuito de SCORM Cloud



Figura 28. Tecnología alternativa para almacenar Statements

No obstante, se esbozó un plan de acción en caso de que surgiese algún problema. La alternativa propuesta consiste en el empleo de una base de datos SQLite, siguiendo el esquema representado en la Figura 28. Esta base de datos se consigue mediante un archivo con extensión .sqlite, lo cual simplifica mucho el trabajo al no necesitar ninguna petición ni envío de datos a servidores remotos, todo se realiza de forma local. Todo el almacenamiento de Statements se realizaría mediante la conversión de Statements (JSON) en cadenas de texto, almacenadas en una única tabla SQLite.

A la hora de recuperar los Statements, deberemos realizar una consulta a la tabla que contiene los Statements para recuperarlos. Además, gracias a la posibilidad de añadir condiciones en las consultas SQLite, no perdemos ninguna funcionalidad de las que se obtienen con el empleo de SCORM Cloud.

7.4. Diseño de Indicadores

Para comprobar el comportamiento de los usuarios al realizar el curso y detectar problemas en el aprendizaje, es conveniente crear una serie de indicadores. Estos indicadores nos van a permitir medir el rendimiento de un usuario o de un conjunto de usuarios.

Estos indicadores se obtendrán mediante el procesamiento de los Statements almacenados en el LRS. Una vez procesados, tendremos información variada, como, por ejemplo, el número de veces que los usuarios han acertado una pregunta, o el número de veces que han leído una lección del curso.

A continuación, se propone un primer diseño de posibles indicadores a emplear para medir el rendimiento de los usuarios en la realización del curso:

Indicador	TTE
Descripción	Tiempo total empleado para completar el curso

Tabla 16. Indicador TTE

Indicador	PAT
Descripción	Porcentaje de aciertos totales obtenidos durante la realización de los cuestionarios del curso

Tabla 17. Indicador PAT

Indicador	PFC
Descripción	Porcentaje de finalización del curso

Tabla 18. Indicador PFC

Indicador	TEPA
Descripción	Relación del tiempo empleado con el porcentaje total de aciertos obtenido

Tabla 19. Indicador TEPA

Indicador	NTR
Descripción	Número total de veces que el estudiante ha revisitado contenido del curso

Tabla 20. Indicador NTR

Indicador	TEPL
Descripción	Tiempo empleado por lección del curso

Tabla 21. Indicador TEPL

Indicador	NAT
Descripción	Número de aciertos totales durante la realización de los cuestionarios del curso

Tabla 22. Indicador NAT

Indicador	NFT
Descripción	Número de fallos totales durante la realización de los cuestionarios del curso

Tabla 23. Indicador NFT

Indicador	NIT
Descripción	Número de interacciones totales del estudiante en la realización del curso

Tabla 24. Indicador NIT

Indicador	VPBC
Descripción	Número de veces que se contesta bien una pregunta

Tabla 25. Indicador VPBC

Indicador	VPMC
Descripción	Número de veces que se contesta mal una pregunta

Tabla 26. Indicador VPMC

La forma gráfica de representar los indicadores será mediante gráficas cuando sea posible, y en su defecto en modo texto. Un ejemplo de lo que podrían ser estas gráficas lo podemos ver en la Figura 29, que representa el indicador TEPA de forma gráfica (de Excel en este caso).

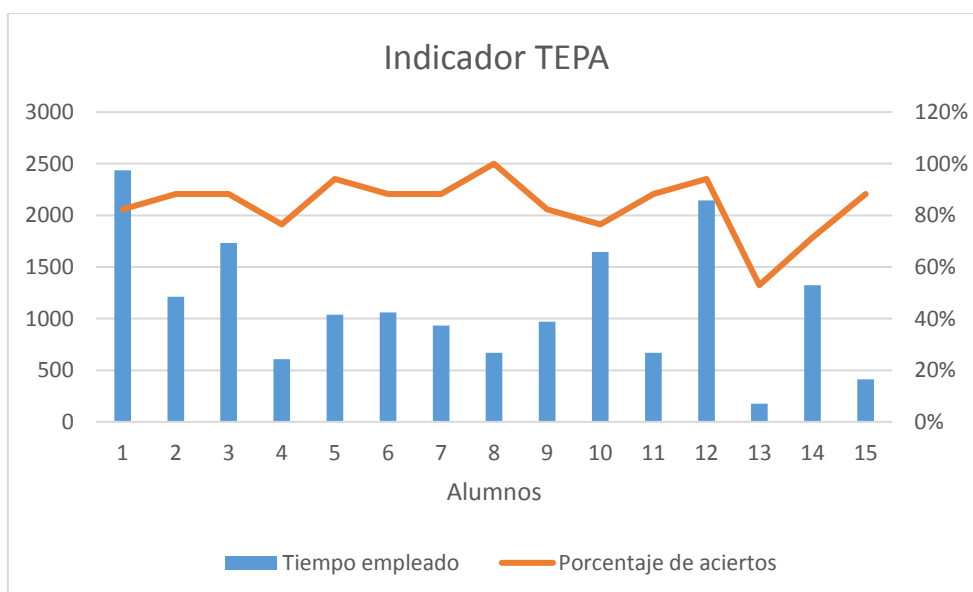


Figura 29. Gráfico que representa el indicador TEPA

7.5. Diseño del sitio web de monitorización

Con objetivo de automatizar la generación de indicadores a partir de los datos de interacción obtenidos, se ha decidido implementar un sitio web para dicha tarea. El sitio web en cuestión empleará la tecnología Laravel, basada en el lenguaje PHP.

Podemos ver un esquema de funcionamiento de la plataforma en la Figura 30. Laravel recoge las peticiones de los usuarios para ver una nueva página y las procesa mediante una entidad llamada Controlador. El controlador se encarga de manipular el modelo de datos que maneja la aplicación web, cuya acción desencadena la actualización de la vista o página web. Es decir, se emplea la arquitectura típica Modelo-Vista-Controlador (MVC).

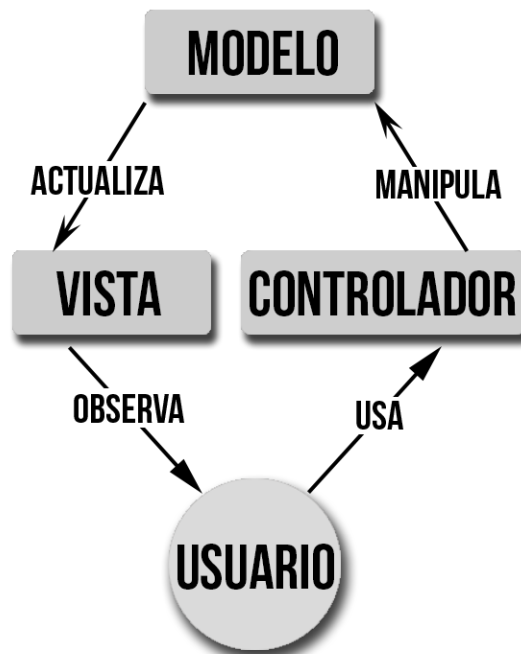


Figura 30. Esquema MVC Laravel

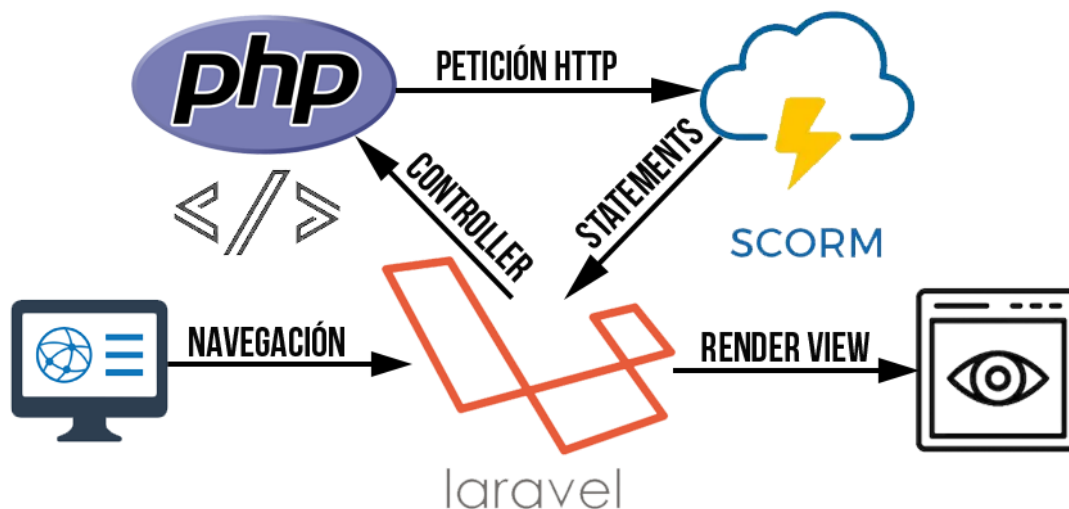


Figura 31. Esquema recuperación de Statements

Siguiendo el esquema de funcionamiento anterior, se implementará un módulo de código PHP ubicado en un controlador, y será el encargado de realizar la recuperación de datos del LRS. Esto se realizará mediante una petición HTTP a la dirección en la que se encuentran almacenados Statements. Una vez recuperados los Statements, estos serán procesados por otro fragmento de código PHP, encargado de generar indicadores. Una vez los datos hayan sido analizados y se hayan obtenido los indicadores, se renderizará la vista HTML para mostrar los datos.

Con el objetivo de evitar que cualquier usuario pueda acceder de forma anónima a la página y pueda obtener los datos del rendimiento de los estudiantes, se diseña un sistema de autenticación. En este, la autenticación se realizará mediante un usuario y una contraseña preestablecidos, de forma que no se permitirán nuevos registros, al menos en esta primera versión. Gracias al empleo de esta autorización, las rutas de acceso a las páginas de monitorización se encontrarán protegidas ante usuarios no autenticados.

7.6. Diseño interfaz monitorización

El diseño de esta interfaz tiene como objetivo proveer al usuario administrador de toda la información recogida mediante Statements. También debe mostrar los indicadores de forma gráfica en la interfaz, de modo que se pueda ver el rendimiento de usuarios y cursos en general. Todo el diseño se ha de realizar teniendo en cuenta que el usuario final de la aplicación será el creador o dueño de los cursos.

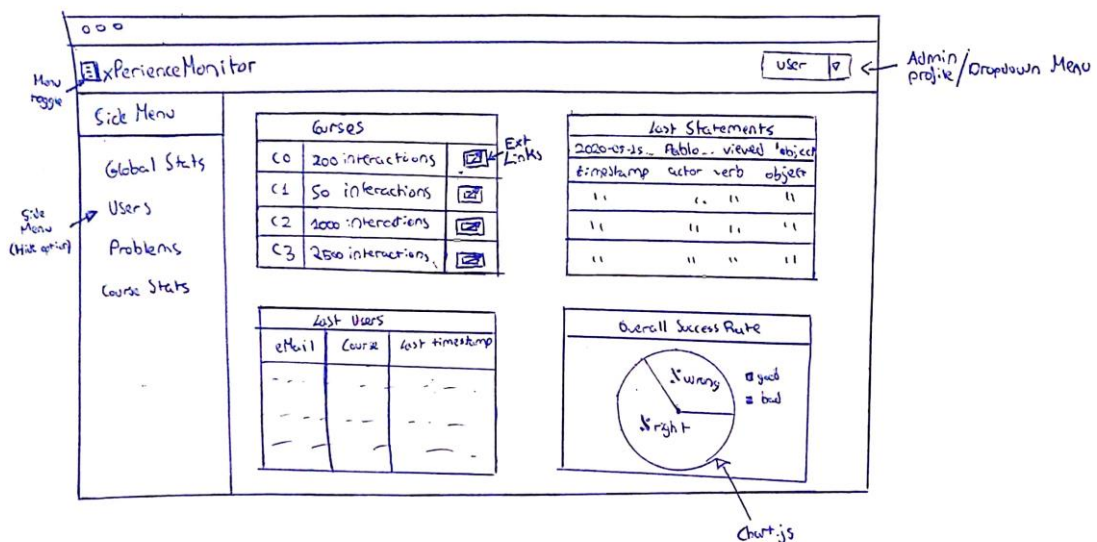


Figura 32. Primer boceto de la ventana principal de la aplicación

La idea base del diseño de la interfaz parte del aspecto de una aplicación estilo dashboard. En este tipo de aplicaciones, la página principal muestra un resumen de lo que está ocurriendo en el aplicativo. En este caso en concreto, será un resumen de lo que está ocurriendo en el LRS.

Por tanto, el diseño de la interfaz debe ser limpio y sencillo, para centrar la atención del usuario en lo importante, los datos. Estos datos también deben ser mostrados de una forma sencilla y limpia, de manera que sean fáciles de comprender.

Para concretar el diseño del sitio web de monitorización se ha seguido un procedimiento iterativo, que va desde ideas sencillas, plasmadas a mano, a diseños más concretos, plasmados mediante software. Podemos ver un ejemplo de estos primeros pasos de diseño con el boceto o Mockup de la Figura 32. En este boceto podemos ver el aspecto teórico que podría tener la página principal del aplicativo, especificando algunos detalles de las tecnologías a emplear o del comportamiento de la interfaz.

Tras finalizar el diseño la figura anterior, se llegó a una serie de conclusiones sobre el aspecto final del sitio web:

- **Framework CSS:** El framework CSS a emplear será Material Bootstrap. Es decir, Bootstrap modificado para seguir los patrones de diseño de Material Design. Mediante el empleo de esta librería CSS/JavaScript podremos diseñar una interfaz limpia y ordenada, además de conseguir adaptabilidad a todos los formatos y tamaños de pantalla.
- **Gráficos:** Será necesario el empleo de una librería de terceros que genere gráficos, aportando ciertos datos, de manera que puedan ser creados de forma dinámica.
- **Tablas de datos:** Se emplearán tablas de datos para mostrar grandes cantidades de información.
- **Nombre de la aplicación Web:** xPerience Monitor.
- **Actualización de interfaz:** La interfaz se debe poder actualizar sin requerir la intervención del usuario. Por ejemplo, se empleará Ajax.
- **Páginas que crear:**
 - **Dashboard o página principal:** Página que mostrará un resumen general del LRS
 - **Usuarios:** Página que mostrará un listado con los usuarios registrados en el LRS
 - **Usuario:** Página de detalle de un usuario, donde se podrán encontrar sus indicadores y estadísticas de rendimiento
 - **Problemas:** Problemas encontrados en el LRS tras el análisis realizado por la aplicación.

- **Cursos:** Página que mostrará un listado de los cursos registrados en el LRS.
 - **Estadísticas de curso:** Estadísticas para un curso en concreto.

Diseño del logo, identidad del sitio web

En la Figura 33 se representa el diseño del logo que se empleará para el sitio web de monitorización.

A partir de estas pautas más concretas sobre el diseño de cada uno de los aspectos del sitio web de monitorización, se procedió al diseño de cada una de las páginas que conformarán el aplicativo. En las figuras siguientes podemos ver los Wireframes creados para tal propósito.



Figura 33. Logo del sitio web de monitorización

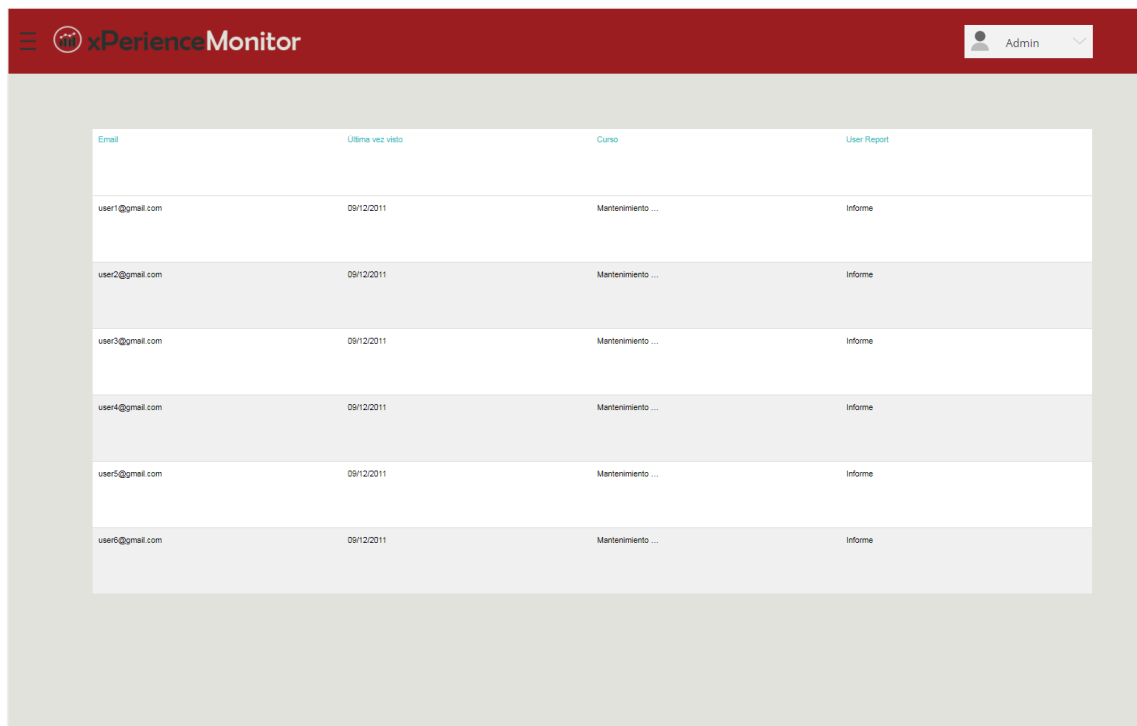


Figura 34. Wireframe página listado usuarios

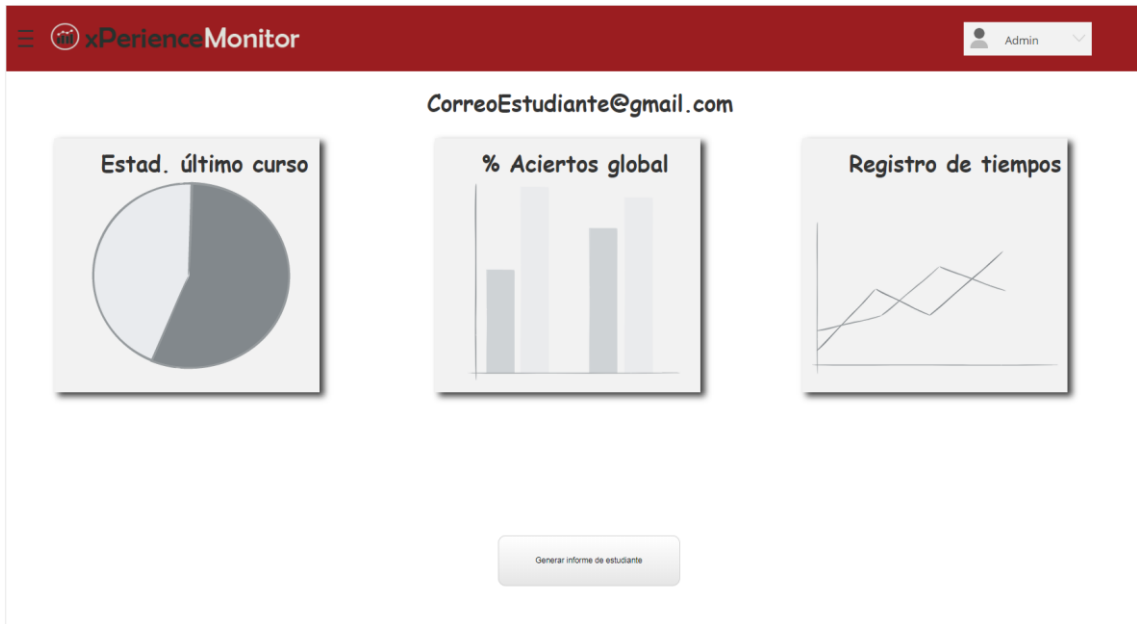


Figura 35. Wireframe página detalle usuario

Curso	Usuarios	Última interacción	Informe del curso
C01	500	01/04/2020T15:...	Informe
C02	10	01/04/2020T15:...	Informe
C03	30	01/04/2020T15:...	Informe
C04	70	01/04/2020T15:...	Informe
C05	200	01/04/2020T15:...	Informe
C06	7	01/04/2020T15:...	Informe

Figura 36. Wireframe página listado cursos

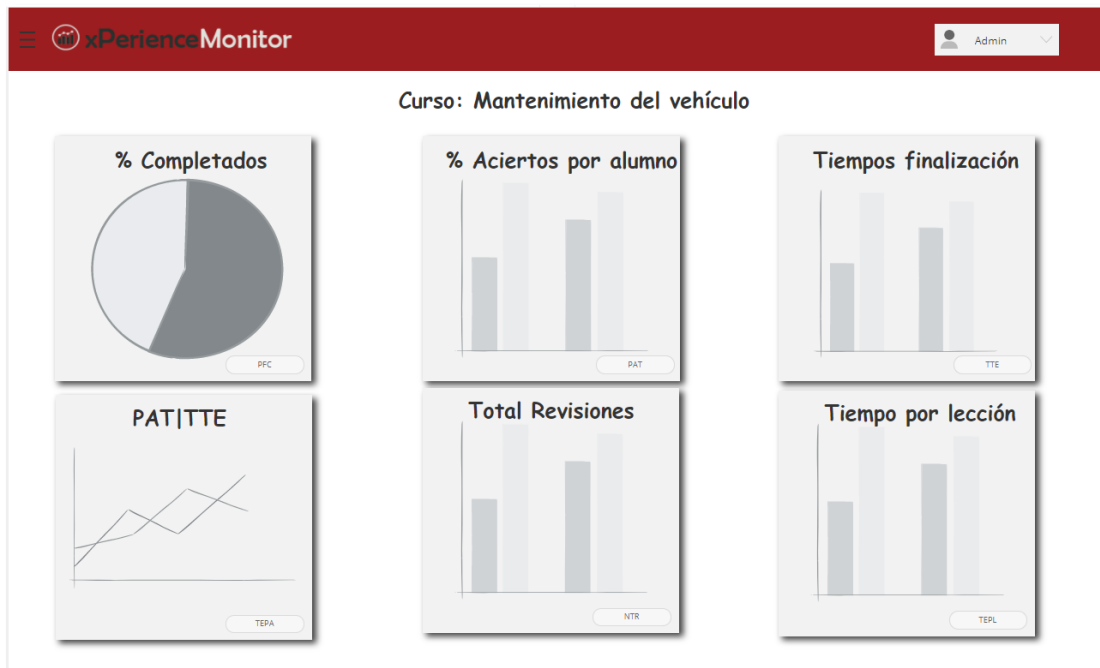


Figura 37. Wireframe página detalle curso

7.7. Guía de estilo

El diseño a seguir es el definido por la librería CSS empleada. En este caso se trata de la librería [Material-kit for Bootstrap 4](#). En esta librería se definen infinidad de estilos, como son estilos de texto, párrafo o incluso encabezados. También se definen los botones y su estilo, tipos de barra de navegación o menús. Además de esto se establecen unos colores predefinidos, para su uso rápido en la construcción del HTML mediante el empleo de una clase CSS. Estos estilos han sido modificados para el aplicativo en cuestión, modificando los distintos tipos de colores preestablecidos por otros. En la Figura 38 podemos ver los nuevos códigos de color establecidos y los colores que van a sustituir o modificar.

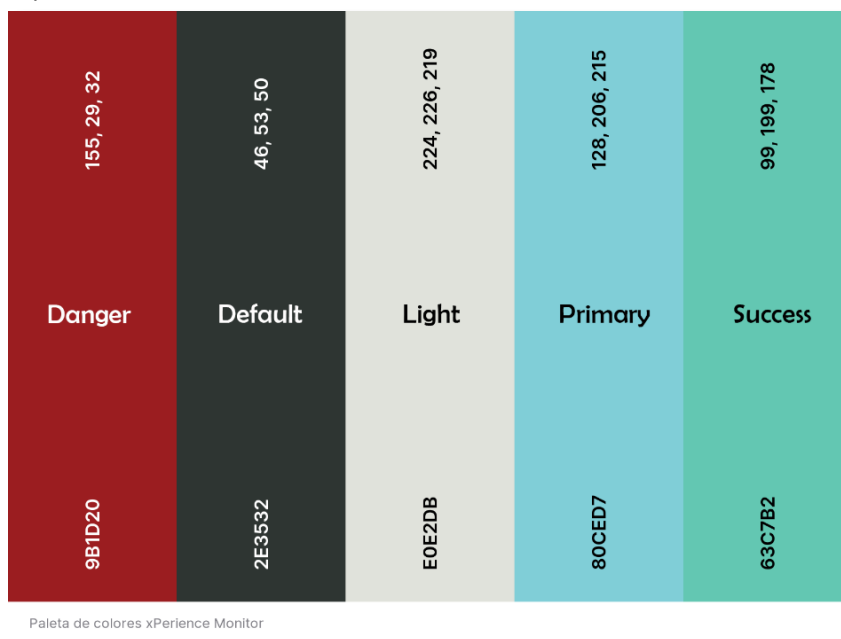


Figura 38. Paleta de colores xPerience Monitor

8. Implementación

8.1. Puesta en marcha

En este apartado se va a documentar la puesta en marcha de la plataforma del sistema E-learning. En primer lugar, se realizó un estudio de la plataforma y su tecnología mediante la lectura de la memoria del TFG antecedente a este (Espinosa Campello, 2019).

Tras conocer bien el entorno de la aplicación, todas las tecnologías de terceros que empleaba y la integración con estas, se procedió a la modificación de los ajustes del sistema. En primer lugar, se creó una cuenta en Firebase (Base de datos) y en SCORM Cloud (LRS) con el objetivo de obtener credenciales de uso. Acto seguido, se modificaron las credenciales en los archivos de configuración del sistema de cursos, de forma que ahora se conecte con la base de datos y LRS propios. Por último, se configuró la autenticación de usuarios mediante su cuenta de Google, empleando OAuth 2.0, en la plataforma de Firebase.

Tras tener todas las plataformas interconectadas, se probó el correcto funcionamiento del curso ejecutándolo de forma local. Se realizó además un curso de los que se aportaban como ejemplo del sistema para comprobar la recogida de Statements.

Una vez concluida esta fase, se procedió a la entrega del primer incremento del sistema a los tutores del TFG.

8.2. Nuevo Statement

Tras poner la plataforma en funcionamiento y analizar los datos que obtenía, se consideró necesaria la introducción de un nuevo Statement. Este nuevo Statement es del ámbito de avance entre lecciones. En concreto, el que nos indica que el alumno ha salido de la lección en la que estaba. De este modo, podemos conocer el momento exacto en el que la deja y tener bien acotado el tiempo que tarda un usuario en completar la lección en particular. Este Statement se lanza tanto cuando el alumno avanza de lección como cuando retrocede (Figura 39).

```

progressLesson() {
  this.progressStore.updateProgress(this.lessonId, this.sectionId, this.nextLesson);
  this.router.navigate(['/course-viewer/section/' + this.nextLesson.sectionId + '/lesson/' + this.nextLesson.id]);
  this.xapi.exited(this.previousLesson);
  this.xapi.progressed(this.nextLesson);
}
navigateBack() {
  this.router.navigate(['/course-viewer/section/' + this.previousLesson.sectionId + '/lesson/' + this.previousLesson.id]);
  this.xapi.exited(this.nextLesson);
  this.xapi.navigatedBack(this.previousLesson);
}

```

Figura 39. Llamadas al nuevo Statement creado

2019-12-13T11:01:47.172	Pablo Martínez Munera ha avanzado a 'I01 - Color de fondo'
2019-12-13T11:01:46.980	Pablo Martínez Munera ha salido de 'I04 - Chunks de tipo imagen'

Figura 40. Nuevo Statement al avanzar de lección

Para ver un ejemplo práctico de lo que obtenemos añadiendo este Statement, podemos fijarnos en la situación que representa la Figura 40. El usuario ha abandonado la lección 4 y ha avanzado a la siguiente, de manera que con la marca temporal de los Statements "ha avanzado" y "ha salido" podemos tener perfectamente acotado el tiempo que tarda un alumno en realizar cada lección.

8.3. Curso accesible

En este apartado del trabajo se procede a describir y documentar el proceso de creación del curso que se utilizará en esta investigación. La explicación se realizará de forma dividida, explicando por secciones. Durante este apartado también se justificará la toma de decisiones frente al contenido que incluir, las fuentes de información consultadas y la redacción del contenido en sí.

8.3.1. Chunks empleados

Durante la implementación del curso se hace uso de distintos chunks seleccionados de entre los descritos en el apartado de "Arquitectura de un curso". Aquí se van a especificar los chunks empleados y su papel dentro del curso.

- **Chunks de encabezado y texto:** Estos chunks serán la unidad básica para representar información que queramos dar a los usuarios.
- **Chunks de párrafo a dos columnas:** Servirán para mostrar un concepto y pequeñas ampliaciones de este en paralelo, siempre introduciendo la información importante en la primera columna y ampliando en la segunda.
- **Chunks de lista numerada:** Se usarán para realizar una introducción al alumno de los contenidos que va a adquirir durante las siguientes lecciones.
- **Chunks de imágenes:** Servirán para mostrar información de forma gráfica, incorporando un pie de foto para asegurar su accesibilidad.
- **Chunks de Vídeo:** Se emplearán para mostrar contenido videográfico, con explicación mediante audio también. Para asegurar la accesibilidad de estos elementos será imprescindible la inclusión de transcripciones para cada video.
- **Chunks Interactivos:** Se utilizarán para evaluar el aprendizaje realizado por el alumno, realizando siempre preguntas relacionadas con el contenido y que comprueben que se ha asimilado de forma correcta.

8.3.2. Introducción

Esta sección del curso tiene como objetivo dar la bienvenida al estudiante al curso e introducirlo al tema que se va a tratar. También se hará conocedor al usuario de los conocimientos que va a adquirir al realizar el curso, su importancia, y los beneficios que podría aportarle en su vida.

Esta sección consta de una sola lección donde se incluyen los contenidos mencionados en el párrafo anterior. Para la redacción de los contenidos se hizo hincapié en demostrar los beneficios que puede aportar el curso. También se enfatiza que el curso puede ser realizado por personas que no tengan un alto conocimiento sobre automoción. Todas estas pautas tienen como objetivo captar la atención e interés del usuario para que realicen el curso con la mejor actitud posible.

8.3.3. Los neumáticos

Durante el transcurso de esta sección se tiene como objetivo hacer conocedor al usuario del papel de los neumáticos en la conducción, así como de sus características e importancia. Esta sección será dividida en dos grandes lecciones. La evaluación de los conocimientos de estas dos lecciones se realizará intercaladas con la explicación, en lugar de con una gran prueba al final. Esta estrategia tiene como objetivo captar la atención del lector e impedir distracciones, al hacer

el contenido más interactivo. Durante el desarrollo del contenido de esta sección se consultaron fuentes oficiales de fabricantes de neumáticos, como, por ejemplo, Michelin.

8.3.3.1. Dibujo del neumático

En esta lección se pretende hacer conocedor al usuario de las partes de un neumático, su importancia para la seguridad e instrucciones para su comprobación periódica. Los contenidos de la lección han sido divididos en cuatro bloques:

- **Bloque 1:** Introducción

En el primer Chunk de texto se hace una introducción a la lección, explicando la importancia del neumático y los conocimientos que se van a adquirir en la lección en particular.

- **Bloque 2:** Banda de rodadura

Se emplea una imagen esquematizada que muestra las partes de la banda de rodadura de un neumático. Esta imagen se emplea como introducción al concepto descrito justo debajo, que es la importancia de la profundidad de la banda de rodadura y su papel en el neumático. Este concepto se presenta mediante un párrafo a dos columnas, para introducirlo en la parte izquierda del párrafo, y realizar una ampliación en la derecha.

- **Bloque 3:** Profundidad del dibujo

En este bloque, se explican las profundidades de banda de rodadura, tanto las recomendables como la profundidad mínima. Así, el usuario aprende cuáles son los umbrales de profundidad de neumático en los que este sigue siendo considerado seguro. Justo debajo se muestra una imagen que compara las distancias de frenado de emergencia sobre mojado con distintas profundidades de neumático. Esta imagen se emplea para reafirmar y concienciar al usuario de la importancia de esta propiedad del neumático, de forma que retenga esta información mejor.

Justo a continuación, se realiza una pregunta, en la que el usuario debe seleccionar todas las medidas aceptables de las que aparecen en un listado. De esta manera se comprueba que el usuario ha asimilado de forma correcta el contenido que acaba de consultar, afianzando el mismo.

- **Bloque 4:** Medir la profundidad de la banda de rodadura

Para finalizar la lección, se enseña al usuario a medir la profundidad del neumático. Primero, se le muestra una imagen que muestra cómo es posible medir la profundidad mediante una moneda de 1€, una idea clara y directa que tiene como intención captar el interés del usuario.

Más abajo, de nuevo con un texto a dos columnas, en la parte izquierda se explica la estrategia representada en la imagen, mientras que en la parte derecha se hace referencia a otras estrategias que proporcionan medidas más exactas. Por último, se evalúa que el usuario ha adquirido bien el concepto de la medición con la moneda, preguntándole en cuál de las situaciones la medición es buena. En esta ocasión el usuario solo podrá marcar una opción, siendo dos de ellas correctas.

8.3.3.2. Presión del neumático

En esta lección se pretende concienciar al usuario de la importancia de la presión en los neumáticos, además de transmitirle algunas buenas prácticas. La lección se ha implementado dividiendo los contenidos en cinco bloques:

- **Bloque 1:** Introducción

Se comienza la lección por una breve introducción. En ella, se explica la importancia de la presión del neumático para la seguridad, además de introducir los conceptos a aprender.

- **Bloque 2:** Comprobación de presiones

Este bloque se introduce con una imagen que muestra un usuario midiendo la presión de un neumático, de forma que se familiarice al estudiante con el concepto que se va a impartir. Justo debajo encontramos un párrafo a dos columnas, en el cual se realiza una breve descripción de la imagen anterior, explicando donde encontrar el dispositivo de medición para su uso. En la parte derecha del párrafo se explica cómo realizar la conexión del medidor.

- **Bloque 3:** Elegir las presiones adecuadas

Este bloque tiene como objetivo ayudar al usuario a encontrar las recomendaciones de presión para su vehículo, además de enseñarle a leerlas. En el primer bloque de texto se hace conocedor al usuario de recomendaciones de presiones por parte del fabricante, localizadas en su vehículo. Más abajo se muestra una imagen de las recomendaciones de presiones para un vehículo real, como ejemplo. En el pie de foto, al incluir la imagen información esencial para el aprendizaje y que más tarde se evalúa, se incluye una descripción detallada. Tanto la obtención de esta imagen como la explicación de esta se realizaron mediante la ayuda de fuentes confiables, como es la ayuda de un técnico superior en mecánica.

Por último, se incluye un párrafo a dos columnas en el que se explica, en la parte izquierda, como leer las recomendaciones. En la parte derecha se explica en qué zonas del vehículo encontrar las

recomendaciones, teniendo en cuenta fuentes de información oficiales, como el concesionario Nissan de Alicante.

- **Bloque 4:** Video explicativo

En este bloque se emplea un video que explica todo el proceso de medición de presiones que se ha mencionado hasta ahora en la lección. Con el objetivo de asegurar la accesibilidad del video, se realizaron las transcripciones de forma manual, cuidando la fidelidad al contenido original. La fuente de este vídeo es fiable, dado que los contenidos de este se contrastaron con los conocimientos de un mecánico licenciado.

- **Bloque 5:** Evaluación

Tras la finalización del video por parte del usuario, se le plantean 2 cuestiones que evalúan el contenido propuesto. Es aquí donde se introduce uno de los primeros puntos críticos de accesibilidad, dado que la primera pregunta se encuentra relacionada con la imagen introducida en el bloque 3. Además, la segunda pregunta se encuentra relacionada con un concepto explicado en el vídeo. Es por esto que la accesibilidad de estos dos contenidos es crítica para que el alumno supere las preguntas.

8.3.4. Los fluidos del vehículo

Durante el transcurso de esta sección se explica la importancia de distintos fluidos en el vehículo para su correcto funcionamiento. Además de esto, también se menciona su importancia para la seguridad, de modo que el usuario vea una recompensa más a la adquisición de estos conocimientos, a parte de la económica.

Esta sección divide los contenidos de manera que haya dos lecciones por tipo de fluido del vehículo. La estrategia empleada en esta sección es distinta a la anterior, ya que ahora la evaluación de los contenidos es realizada después de haberlos estudiado. Es decir, ahora en lugar de tener las preguntas intercaladas en la misma lección, se encuentran separadas. De manera que primero tenemos una lección con todos los conocimientos a asimilar, y en la siguiente lección se nos evalúa de los mismos. El uso de esta estrategia, combinado con que los usuarios pueden volver a lecciones pasadas, servirá para detectar casos en los que los usuarios necesitan revisar contenidos de la lección para poder superar las pruebas.

8.3.4.1. Introducción

En esta lección se introduce la importancia de los fluidos para el buen funcionamiento del vehículo, así como para la seguridad. También se hace uso de una lista numerada para indicar al usuario las lecciones venideras y los conceptos que engloban cada una de ellas. También se hace uso de un párrafo introductorio a la sección, además de una imagen con un encabezado para motivar al usuario a realizar las lecciones.

8.3.4.2. El Aceite. Lección y ejercicios

El objetivo de esta lección es enseñar al usuario la utilidad del aceite para el funcionamiento del vehículo, además de enseñarle a llevar un control del nivel de este. Una vez el usuario finaliza la lección con los contenidos, pasa a la siguiente donde es evaluado. Los contenidos de la lección se dividen en cuatro bloques:

- **Bloque 1:** Introducción

En este bloque se realiza una pequeña introducción a la lección que se va a realizar. En el primer bloque de texto se concienta al usuario de la importancia de mantener este fluido del vehículo en un nivel adecuado.

- **Bloque 2:** Dispositivo de medición

Lo primero que nos encontramos es una imagen mostrando un dispositivo de medición mostrando diferentes situaciones, para familiarizar al usuario con la herramienta que necesita emplear. La foto cuenta con un pie de foto explicativo para la comprensión de la imagen. Más abajo nos encontramos con un párrafo a dos columnas. En la parte izquierda del mismo se explica cuál es el nivel óptimo que emplear y en la parte derecha se especifican los tipos de dispositivos de medición existentes.

- **Bloque 3:** Video explicativo

En este bloque se aporta un video que explica de forma clara como realizar la medición con tal de obtener una medida correcta. Se introduce al video mediante un pequeño párrafo que indica la temática del vídeo. El vídeo, por supuesto, consta con transcripción para hacer el contenido accesible. La elección del video fue realizada teniendo en cuenta la opinión de un mecánico oficial del concesionario Nissan de Alicante. Las transcripciones del video fueron realizadas de forma manual, siempre sin modificar el contenido original del vídeo. Este elemento del curso

será un nuevo nodo crítico de accesibilidad introducido, ya que el contenido explicado en el vídeo es esencial para superar uno de los ejercicios posteriores.

- **Bloque 4:** Cambios de aceite

Contiene un párrafo que explica los cambios de aceite y su periodicidad. Indica al usuario que debe realizar cambios de aceite cada 10.000km, además de explicarle el motivo por el cual se debe cambiar. Por último, se explican los beneficios de mantener una buena regularidad en esta práctica. La información de este apartado, de nuevo, fue contrastada con un técnico superior en mecánica.

- **Ejercicios:** La lección siguiente a esta consta de 4 ejercicios que evalúan los contenidos asimilados por el estudiante en la lección anterior. En algunos ejercicios se da la opción de marcar varias respuestas pese a que solo una de ellas es correcta. Esta técnica se emplea para hacer al usuario dudar y aumentar ligeramente la dificultad, de forma que tenga que haber prestado atención a la lección anterior.
 - **Ejercicio 1:** Se pregunta al usuario cual sería el nivel de aceite correcto para el vehículo. Sólo 1 respuesta es correcta.
 - **Ejercicio 2:** Se pide al usuario en qué situación sería adecuado medir el aceite, dándole 4 opciones de las que solo puede escoger una.
 - **Ejercicio 3:** Se pregunta al usuario la posición del dispositivo de medición, dando 4 opciones donde se pueden marcar varias. Sólo una es correcta.
 - **Ejercicio 4:** Se pregunta al usuario la utilidad del aceite, explicada anteriormente. Se le dan 3 opciones de las cuales solo 1 es correcta. El usuario puede marcar varias.

8.3.4.3. El líquido refrigerante. Lección y ejercicios

El objetivo de esta lección es enseñar al usuario la importancia y utilidad del refrigerante para el funcionamiento del vehículo, además de enseñarle a llevar un control del nivel de este. Una vez el usuario finaliza la lección con los contenidos, pasa a la siguiente donde es evaluado. Los contenidos de la lección se dividen en cuatro bloques:

- **Bloque 1:** Introducción

En este bloque se realiza una pequeña introducción a la lección que se va a realizar, indicando la importancia del fluido para el funcionamiento del vehículo. En el primer bloque de texto se

conciencia al usuario de la importancia de mantener este fluido del vehículo en un nivel adecuado para evitar averías.

En el segundo bloque de texto se realiza una importante anotación sobre las precauciones a tomar a la hora de medir el nivel de este fluido. Esto es debido a que, si se realiza la medición con el motor caliente, el usuario podría sufrir quemaduras graves.

- **Bloque 2:** Depósito contenedor

Lo primero que nos encontramos es una imagen mostrando un depósito común de refrigerante, que muestra claramente las marcas de nivel. La foto cuenta con un pie de foto explicativo para la comprensión de la imagen. Más abajo nos encontramos con un párrafo a dos columnas. En la parte izquierda del mismo se explica la imagen mientras que en la parte derecha se explica cómo emplear las marcas de medición.

- **Bloque 3:** Procedimiento ante falta de líquido

En este bloque se conciencia al usuario de la necesidad de reponer el líquido ausente, dado que no hacerlo podría acarrear futuros problemas. Esta explicación se realiza mediante un único párrafo, indicando al usuario los pasos que debe seguir.

- **Bloque 4:** Elección del líquido refrigerante

Contiene un párrafo que indica al usuario los líquidos que no debería emplear para rellenar el depósito. En el siguiente párrafo, se explican los líquidos que se deben emplear para realizar un rellenado correcto. Por último, se muestra una imagen que ejemplifica una garrafa con el líquido a emplear de forma ideal, de forma que el usuario tenga una referencia visual. La información de este apartado, de nuevo, fue contrastada con un técnico superior en mecánica.

- **Ejercicios:** La lección siguiente a esta consta de 4 ejercicios que evalúan los contenidos asimilados por el estudiante en la lección anterior. En algunos ejercicios se da la opción de marcar varias respuestas pese a que solo una de ellas es correcta. Esta técnica se emplea para hacer al usuario dudar y aumentar ligeramente la dificultad, de forma que tenga que haber prestado atención a la lección anterior.

- **Ejercicio 1:** Se pregunta al usuario cual sería el nivel de refrigerante correcto para el vehículo. Sólo 1 respuesta es correcta de entre 5 opciones.
- **Ejercicio 2:** Se pide al usuario en qué situación sería adecuado medir el refrigerante, dándole 4 opciones de las que solo puede escoger una correcta.

- **Ejercicio 3:** Se pregunta al usuario el líquido a emplear para rellenar el depósito de refrigerante. Dos respuestas son correctas y se le indica en el enunciado que seleccione más de una. En esta pregunta se emplea esta técnica para aportar, además, algo más de conocimiento sobre la materia, al indicar que también es posible rellenar el depósito con agua descalcificada.
- **Ejercicio 4:** Se pregunta al usuario la utilidad e importancia del refrigerante, explicada anteriormente. Se le dan 3 opciones de las cuales solo 1 es correcta. El usuario puede marcar varias.

8.3.4.4. El líquido de dirección. Lección y ejercicios

El objetivo de esta lección es enseñar al usuario la importancia y utilidad del líquido de dirección para el funcionamiento del vehículo, además de enseñarle a llevar un control del nivel de este. Una vez el usuario finaliza la lección con los contenidos, pasa a la siguiente donde es evaluado. Los contenidos de la lección se dividen en cuatro bloques:

- **Bloque 1:** Introducción

En este bloque se realiza una pequeña introducción a la lección que se va a realizar, indicando la importancia del fluido para el funcionamiento del vehículo. En el primer bloque de texto se concientia al usuario de la importancia de mantener este fluido del vehículo en un nivel adecuado para evitar averías y facilitar la conducción.

En el segundo bloque de texto se realiza una importante anotación sobre las precauciones a tomar. Esto es debido a que, si no se mantiene el nivel del líquido podríamos correr grave riesgo de sufrir un accidente.

- **Bloque 2:** Recipiente contenedor

Lo primero que nos encontramos es una imagen mostrando un depósito común de fluido de dirección asistida, que muestra claramente las marcas de nivel. La foto cuenta con un pie de foto explicativo para la comprensión de la imagen. Más abajo nos encontramos con un párrafo a dos columnas. En la parte izquierda del mismo se explica la imagen mientras que en la parte derecha se explica cómo emplear las marcas de medición, recomendando que el nivel se mida siempre en frío.

- **Bloque 3:** Procedimiento ante falta de líquido

En este bloque se concienta al usuario de la necesidad de reponer el líquido ausente, dado que no hacerlo podría acarrear futuros problemas y peligros para la seguridad de los integrantes del vehículo. Esta explicación se realiza mediante un único párrafo, indicando al usuario los pasos que debe seguir.

- **Bloque 4:** Elección del líquido de dirección asistida

Contiene un párrafo que indica al usuario los líquidos que se deben emplear para realizar un rellenado correcto, especificando que, en caso de ser posible, siga las recomendaciones del fabricante. Por último, se muestra una imagen que ejemplifica una botella con el líquido a emplear, de forma que el usuario tenga una referencia visual. La información de este apartado, de nuevo, fue contrastada con un técnico superior en mecánica.

- **Ejercicios:** La lección siguiente a esta consta de 2 ejercicios que evalúan los contenidos asimilados por el estudiante en la lección anterior. En el segundo ejercicio se da la opción de marcar varias respuestas pese a que solo una de ellas es correcta. Esta técnica se emplea para hacer al usuario dudar y aumentar ligeramente la dificultad, de forma que tenga que haber prestado atención a la lección anterior.
 - **Ejercicio 1:** Se pregunta al usuario cual sería el nivel de líquido de dirección correcto para el vehículo. Sólo 1 respuesta es correcta de entre 5 opciones.
 - **Ejercicio 2:** Se pregunta al usuario el motivo de la importancia de este fluido. Sólo 1 respuesta de las 4 opciones es correcta.

8.3.4.5. El líquido de frenos. Lección y ejercicios

El objetivo de esta lección es enseñar al usuario la importancia y utilidad del líquido de frenos para el funcionamiento del vehículo, además de enseñarle a llevar un control del nivel de este. Una vez el usuario finaliza la lección con los contenidos, pasa a la siguiente donde es evaluado. Los contenidos de la lección se dividen en cinco bloques:

- **Bloque 1:** Introducción

En este bloque se realiza una pequeña introducción a la lección que se va a realizar, indicando la importancia del fluido para el funcionamiento del vehículo. En el primer bloque de texto se concienta al usuario de la importancia de mantener este fluido del vehículo en un nivel adecuado, explicando su función dentro de la conducción.

En el segundo bloque de texto se realiza una importante anotación sobre las precauciones a tomar. Esto es debido a que, si no se mantiene el nivel del líquido podríamos correr grave riesgo de sufrir un accidente, al llegar a resultar imposible parar el vehículo.

- **Bloque 2:** Recipiente contenedor

Lo primero que nos encontramos es una imagen mostrando un depósito común de fluido de frenos, que muestra claramente las marcas de nivel. La foto cuenta con un pie de foto explicativo para la comprensión de la imagen. Más abajo nos encontramos con un párrafo a dos columnas. En la parte izquierda del mismo se explica la imagen mientras que en la parte derecha se explica cómo emplear las marcas de medición, recomendando que el nivel se mida siempre en frío.

- **Bloque 3:** Procedimiento ante falta de líquido

En este bloque se concientia al usuario de la necesidad de reponer el líquido ausente, dado que no hacerlo podría acarrear futuros problemas y peligros para la seguridad de los integrantes del vehículo. Esta explicación se realiza mediante un único párrafo, indicando al usuario los pasos que debe seguir.

- **Bloque 4:** Elección del líquido de frenos

Contiene un párrafo que indica al usuario los líquidos que se deben emplear para realizar un rellenado correcto, especificando que, en caso de ser posible, siga las recomendaciones del fabricante. Por último, se muestra una imagen que ejemplifica una botella con el líquido a emplear, de forma que el usuario tenga una referencia visual. El pie de foto de esta imagen se detalla más, debido a que la imagen contiene texto importante. Es por esto por lo que en este bloque encontramos un nuevo punto crítico de accesibilidad. La información de este apartado, de nuevo, fue contrastada con un técnico superior en mecánica.

- **Bloque 5:** Procedimiento ante constante pérdida de fluido

Contiene un párrafo que explica que, ante una pérdida constante de fluido, el usuario debe llevar su vehículo al taller mecánico, dado que la existencia de una fuga en el sistema de frenado es realmente peligrosa para la seguridad.

- **Ejercicios:** La lección siguiente a esta consta de 3 ejercicios que evalúan los contenidos asimilados por el estudiante en la lección anterior. En el segundo y tercer ejercicio se da la opción de marcar varias respuestas pese a que solo una de ellas es correcta. Esta técnica se emplea para hacer al usuario dudar y aumentar ligeramente la dificultad, de forma que tenga que haber prestado atención a la lección anterior.

- **Ejercicio 1:** Se pregunta al usuario cual sería el nivel de líquido de frenos correcto para el vehículo. Sólo 1 respuesta es correcta de entre 5 opciones.
- **Ejercicio 2:** Se pregunta al usuario el motivo de la importancia de este fluido. Sólo 1 respuesta de las 4 es correcta.
- **Ejercicio 3:** Se pregunta al usuario acerca de la imagen anterior, pidiéndole que indique el tipo de líquido de frenos que se observa en la imagen. Sólo 1 respuesta de las 4 es correcta

8.3.5. Estructura final

Una vez terminada la implementación del curso, la estructura final del mismo en la plataforma de cursos es la que se puede observar en la Figura 47.

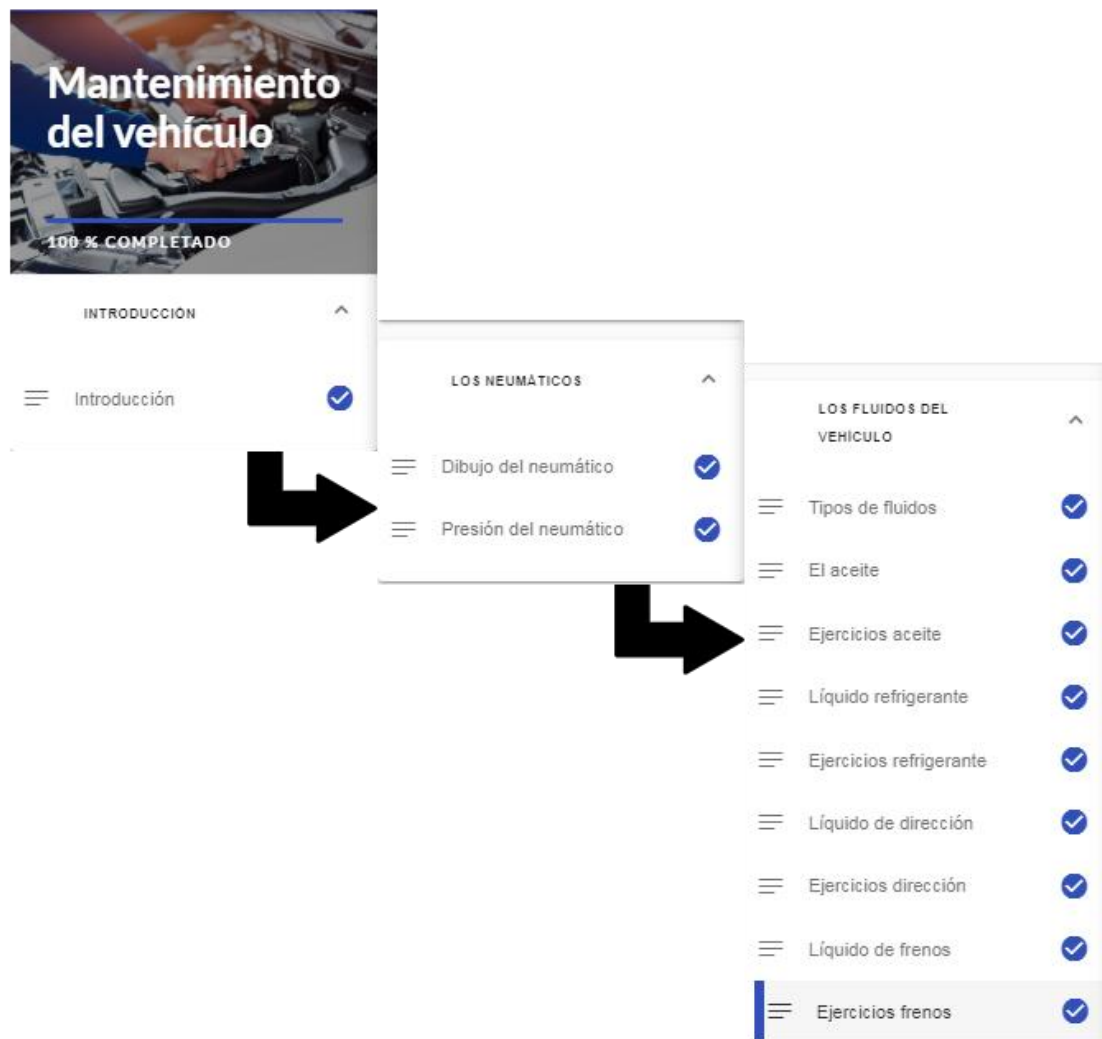


Figura 41. Estructura final del curso

Al final de la implementación del curso y revisión propia, se realiza la entrega del incremento. La entrega se realiza a los tutores del TFG, que revisan el contenido y mediante una retrospectiva se introducen correcciones, ya sea ortográficas o modificando contenido. De esta retrospectiva se tomó el consejo de no ampliar más el curso, debido a que la longitud de este es idónea y no resulta ser pesado de realizar. Este podría no haber sido el caso, en cuyo caso se hubieran realizado las modificaciones pertinentes y se hubiera continuado con el siguiente incremento.

8.4. Puesta en producción

Para poner el curso en producción, se emplea Firebase, utilizando su funcionalidad de hosting para aplicaciones de forma gratuita (Con limitaciones). Estas limitaciones de su versión gratuita no suponen ningún compromiso para nuestro aplicativo. En una futura versión, en la que la carga de usuarios sea mayor, podría ser necesario un mayor soporte de carga de usuarios.

La primera tarea fue la instalación de la interfaz de línea de comandos *firebase-tools*, para realizar la subida de archivos del proyecto al hosting. Esto se consigue utilizando el gestor de paquetes npm (Figura 42).

Acto seguido, se inicia sesión en Firebase desde la línea de comandos (Figura 47Figura 43).

Una vez autenticado en Firebase, se realiza una Build de la aplicación Angular E-learning. Una build es una versión optimizada de la aplicación, con código comprimido, optimizado y ya compilado. Para realizar la build se emplea el comando de la Figura 44.

```
npm install -g firebase-tools
```

Figura 42. Comando instalación de la interfaz de comandos Firebase-tools

```
firebase login
```

Figura 43. Comando autenticación Firebase

```
ng build
```

Figura 44. Comando para generar una nueva build en una aplicación Angular

```
firebase init
```

Figura 45. Comando para inicializar el hosting Firebase

```
firebase deploy
```

Figura 46. Comando para publicar el curso E-learning

A continuación, empleamos el comando de la Figura 45. Nos aparecerá un diálogo, en el que elegimos la funcionalidad de hosting de Firebase, y en la siguiente pantalla seleccionamos el proyecto E-learning.

Para finalizar, el último paso a realizar fue el deploy de la build anteriormente generada en el entorno de producción. Para conseguir esto simplemente debemos ejecutar el comando de la Figura 46.

Una vez finalizado este proceso, el curso creado en el apartado anterior queda accesible, dirigiéndonos al siguiente enlace: <https://e-learning-ua-5f682.firebaseio.com/>

8.5. Curso no accesible

Con objetivo de poder realizar las pruebas A/B, explicadas en el apartado de diseño, se creó una versión no accesible del curso implementado anteriormente. El hecho de convertir el curso en no accesible implica el descarte de los elementos que hacían el contenido accesible.

Para convertir las imágenes que son accesibles en el curso, la estrategia seguida fue la representada en la Figura 47, eliminación del pie de foto que clarificaba y resumía la información contenida en la imagen, de forma que quedase no accesible. De este modo, en las zonas donde se habían introducido posibles nodos críticos de accesibilidad en partes de la imagen con texto, quedan vulnerabilidades para confirmar los mismos. Por ejemplo, si el usuario realizando el curso padece discapacidad visual, no será capaz de acceder al contenido de la imagen si no dispone de pie de foto, resultando en un fracaso en los ejercicios relacionados con ese contenido.

Volver a lista de cursos

explicaremos como encontrar esta placa.

Mantenimiento del vehículo

100 % COMPLETADO

- Introducción
- LOS NEUMÁTICOS
 - Dibujo del neumático
 - Presión del neumático
- LOS FLUIDOS DEL VEHICULO
 - Tipos de fluidos
 - El aceite
 - Ejercicios aceite
 - Líquido refrigerante
 - Ejercicios refrigerante
 - Líquido de dirección
 - Ejercicios dirección
 - Líquido de frenos
 - Ejercicios frenos

CONTENIDO

ACCESIBLE

TIRE PRESSURE PRESIÓN DEL NEUMÁTICO TABELA DE PRESSÃO DOS PNEUS PRESSION DU PNEU REIFENLUFTDRUCK		
1-3	kPa (bar) (psi)	
215/65R16 98H	260 (2.6) (38)	240 (2.4) (35)
215/60R17 96H		
215/55R18 99V XL	230 (2.3) (33)	210 (2.1) (30)
225/45R19 96W XL		
4-5	kPa (bar) (psi)	
215/65R16 98H	260 (2.6) (38)	260 (2.6) (38)
215/60R17 96H		
215/55R18 99V XL	230 (2.3) (33)	260 (2.6) (38)
225/45R19 96W XL		
T (L) → (R) HV50A		

Ejemplo de pegatina de presiones en un Nissan Qashqai. Por ejemplo, para neumáticos 215 mm de anchura y 3 pasajeros, deberemos tener 2.3 Bar en el eje delantero y 2.1 bar en el eje trasero

Volver a lista de cursos

explicaremos como encontrar esta placa.

Mantenimiento del vehículo

100 % COMPLETADO

- Introducción
- LOS NEUMÁTICOS
 - Dibujo del neumático
 - Presión del neumático
- LOS FLUIDOS DEL VEHICULO
 - Tipos de fluidos
 - El aceite
 - Ejercicios aceite
 - Líquido refrigerante
 - Ejercicios refrigerante
 - Líquido de dirección
 - Ejercicios dirección
 - Líquido de frenos
 - Ejercicios frenos

CONTENIDO

NO ACCESIBLE

TIRE PRESSURE PRESIÓN DEL NEUMÁTICO TABELA DE PRESSÃO DOS PNEUS PRESSION DU PNEU REIFENLUFTDRUCK		
1-3	kPa (bar) (psi)	
215/65R16 98H	260 (2.6) (38)	240 (2.4) (35)
215/60R17 96H		
215/55R18 99V XL	230 (2.3) (33)	210 (2.1) (30)
225/45R19 96W XL		
4-5	kPa (bar) (psi)	
215/65R16 98H	260 (2.6) (38)	260 (2.6) (38)
215/60R17 96H		
215/55R18 99V XL	230 (2.3) (33)	260 (2.6) (38)
225/45R19 96W XL		
T (L) → (R) HV50A		

Figura 47. Paso de imagen accesible a no accesible

Para convertir los videos que son accesibles en el curso, la estrategia seguida fue la representada en la Figura 48Figura 47, eliminación de la transcripción del audio del video, de forma que quede no accesible. De este modo, en las zonas donde se habían introducido posibles nodos críticos de accesibilidad mediante contenido explicado en el audio del video, quedan vulnerabilidades para confirmar los mismos. Por ejemplo, si el usuario realizando el curso padece discapacidad auditiva, no será capaz de acceder al audio del video si no dispone de transcripción, resultando en un fracaso en los ejercicios relacionados con ese audio.

Volver a lista de cursos

CONTENIDO

Video explicativo

En este video se explica la manera adecuada de medir el aceite, además de instrucciones para saber como leer correctamente la medida dada por la varilla.

ACCESIBLE

Descargar transcripción

Volver a lista de cursos

CONTENIDO

Video explicativo

En este video se explica la manera adecuada de medir el aceite, además de instrucciones para saber como leer correctamente la medida dada por la varilla.

NO ACCESIBLE

Figura 48. Paso de video accesible a no accesible

9. Pruebas y validación

9.1. Prueba inicial

9.1.1. Escenario y transcurso de la prueba

Una vez finalizada la implementación del curso al completo, y con la aplicación puesta en producción, se procedió a la realización de una prueba de campo inicial. La prueba realizada sigue el mismo esquema que se ha explicado anteriormente en el apartado “Prueba inicial del sistema”. A continuación, se detalla el escenario de pruebas empleado:

- **Grupo de usuarios:** Finalmente, se consiguió que el curso fuera realizado por un total de 20 alumnos. Este grupo fue conseguido gracias a uno de los tutores del Trabajo Fin de Grado, David Gil, que organizó a una de sus clases para realizar el curso y apoyar en la investigación.
- **Escenario:** La prueba se realizó por los 20 alumnos de forma simultánea, estando todos en la misma aula.
- **Monitorización durante la prueba:** Durante la prueba se monitorizó el uso y rendimiento de las plataformas Firebase y SCORM Cloud. Más adelante se comentarán los resultados observados.
- **Curso empleado:** Para la realización de esta prueba inicial se decidió emplear la versión accesible del curso. De este modo se pueden obtener conclusiones sobre la estructura del curso sin tener en cuenta la accesibilidad (Duración, dificultad...).

Durante la prueba, se pidió a los usuarios que completasen el curso con la mayor seriedad posible. Esta petición tenía como objetivo recoger datos de interacción reales y fiables, sobre los que realizar un primer análisis y permitir obtener conclusiones de la prueba.

En la monitorización realizada de la prueba se comprobaba la correcta recogida de interacciones de usuario con el curso mediante el LRS. También se monitorizaba el uso de Firebase, para establecer mediante esta prueba inicial un límite teórico de usuarios concurrentes en la plataforma.

En lo que concierne a Firebase, se observó un máximo de 17.000 lecturas y 8.000 escrituras para 20 usuarios concurrentes. Estos números están lejos de los máximos permitidos de 50.000 y 20.000 para la versión gratuita. Por tanto, tras realizar la prueba, se estableció que un máximo teórico de usuarios al día que pueden realizar el curso es de alrededor de 40. Esto se debe a que

el uso que se le da a la plataforma puede variar entre usuarios. Cabe mencionar que durante el transcurso de la prueba el sistema no sufrió ninguna caída, funcionaba de forma correcta y el rendimiento era el esperado.

9.1.2. Análisis de datos obtenidos

Una vez finalizada la prueba, se procedió con el análisis de los datos de interacción recogidos. Para realizar este análisis se hizo uso de una primera versión de una herramienta de análisis, implementada mediante un guion de código, a modo de script. Más tarde, se empleará lo programado para esta prueba en la web de monitorización.

En un principio, la idea era realizar el análisis de datos recogiendo todos en un único JSON, pero más tarde se llegó a la conclusión de que el análisis de los datos de esta manera iba a resultar demasiado dificultoso. Llegados a este punto se comenzó a investigar la posibilidad de realizar un análisis dividido para cada alumno, de manera que se pudiera acotar más el análisis, resultando este menos tedioso.

Para conseguir recuperar los datos de xApi por alumno, se recurrió al generador de queries (Figura 49) que tiene integrado en su página, de esta forma, aportando el agente que hace la acción (verbo), se genera una query con los parámetros necesarios que nos devolverá los Statements generados por este agente.

Ahora, simplemente copiando la TCAPI query en Postman (Figura 50), y haciendo una petición GET, se obtiene un JSON con todos los statements para ese alumno en concreto.

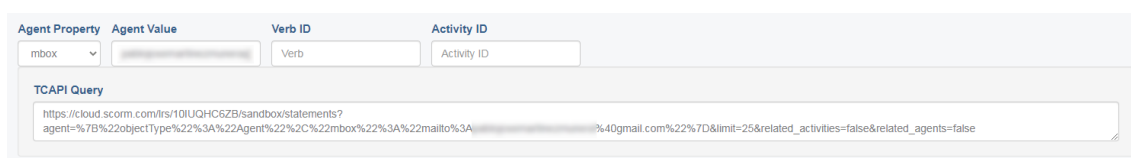


Figura 49. Generador de Querys xApi

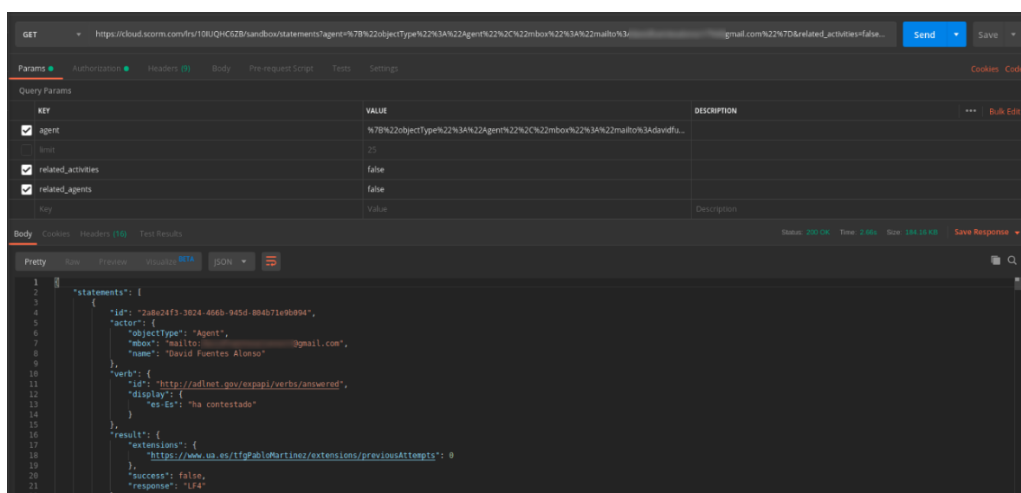


Figura 50. Petición Postman para los Statements de un estudiante en particular

```

// Read JSON file
$json = file_get_contents('./student_data.json');

//Decode JSON
$json_data = json_decode($json,true);

//Obtención del nombre del alumno
$stringActor = "";
$found = false;
foreach($json_data["statements"] as $statement) {
    if($statement["verb"]["display"]["es-ES"] == "ha empezado" && $found == false) {
        $stringActor = substr($statement["actor"]["mbox"], 7) . " ";
        $found = true;
    }
}
}

```

Figura 51. Fragmento de código PHP de análisis de Statements

Ahora, centrándonos ya en el análisis de los datos, el objetivo final era el de crear un script, que, al abrir un JSON, lo analizara y escribiera una nueva entrada en un archivo de texto (en formato CSV para leerlo con Excel más tarde).

Finalmente, se optó por emplear el lenguaje de programación PHP para escribir este Script, ya que está muy preparado para leer archivos JSON, facilitándonos su manejo una vez leído. Además, la web de monitorización contará con backend programado en PHP, con lo cual es realmente conveniente emplearlo para esta primera prueba.

En la Figura 51 podemos ver lo sencillo que resulta después extraer, por ejemplo, el mail del alumno. Gracias a la preparación del lenguaje PHP para la lectura de JSON, vemos como los datos leídos quedan convertidos en un Array al que podemos acceder mediante el uso de índices.

El Script, una vez leído el JSON, analiza datos como el tiempo que tarda el alumno en completar el curso, o las preguntas bien y mal que obtuvo en el curso.

Al final del todo, una vez obtenidos los datos, los concatena a un archivo de texto que contiene los resultados. PHP de nuevo, nos lo pone fácil para conseguir esto.

Podemos ver cómo queda el fichero que contiene los resultados del análisis después de pasar el Script a los JSON de cada alumno en la siguiente figura (Figura 53).

```

$fichero = ' analisisResultsCSV.txt';
// La nueva entrada a añadir al fichero
$newEntry = $stringActor.$stringSegundosTotales.$stringPreguntasOk.$stringPreguntasBad.", ".PHP_EOL;
// Escribir los contenidos en el fichero,
// usando la bandera FILE_APPEND para añadir el contenido al final del fichero
// y la bandera LOCK_EX para evitar que cualquiera escriba en el fichero al mismo tiempo
file_put_contents($fichero, $newEntry, FILE_APPEND | LOCK_EX);

```

Figura 52. Fragmento de código PHP de exportación de datos analizados

```

Alumno TiempoTotal PreguntasOk PreguntasBad
.....
@gmail.com 481 9 5,
@gmail.com 601 10 6,
.....
@gmail.com 656 8 5,
@gcloud.ua.es 599 11 1,
@gmail.com 837 13 1,
@gmail.com 904 9 2,
@gmail.com 724 10 1,
.....
@gmail.com 775 11 2,
@gmail.com 899 11 3,
@gmail.com 903 12 2,
@gmail.com 718 14 1,
.....
@gmail.com 662 12 3,
@gmail.com 661 13 2,
.....
@gmail.com 125 6 10,
@gmail.com 969 15 1,
.....
@gmail.com 724 9 3,
@gcloud.ua.es 536 7 5,
.....
@gmail.com 844 12 3,
@gmail.com 657 8 5,
.....
@gmail.com 482 8 4,
.....

```

Figura 53. Datos exportados en formato CSV

9.1.3. Creación de indicadores y conclusiones

Una vez obtenidos los datos en formato CSV, se importaron a Excel para realizar el diseño de los primeros indicadores mediante gráficas. En esta primera versión se han podido obtener 5 indicadores.

- **Indicador:** TTE (Tiempo Total Empleado)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de cajas y bigotes
- **Figura correspondiente:** Figura 54
- **Conclusiones:** Podemos ver que el tiempo medio de realización del curso es de 687 segundos, o lo que es lo mismo, 11 minutos y medio aproximadamente. La duración del curso por tanto es bastante buena, ya que solo requiere de 10 a 15 minutos para que el usuario lo finalice. Podemos ver un valor atípico, se trata de un caso en el que el usuario no finalizó el curso.

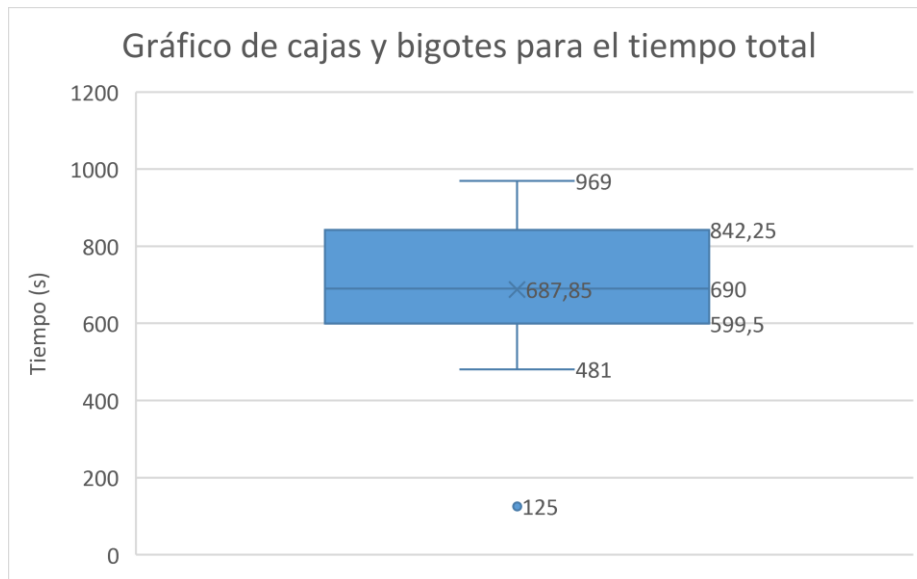


Figura 54. Gráfica Indicador TTE

- **Indicador:** PAT (Porcentaje de Aciertos Totales)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de cajas y bigotes
- **Figura correspondiente:** Figura 55
- **Conclusiones:** En la gráfica podemos observar un porcentaje medio de acierto del 76%, habiendo casos del 90%. El mínimo visto es de 37,5%, el único suspenso del curso, pero coincide con el alumno que no terminó el curso, por tanto, no supone un dato relevante. Podemos concluir, por tanto, que la dificultad del curso es adecuada y todos los usuarios que lo realicen pueden superarlo sin problemas.

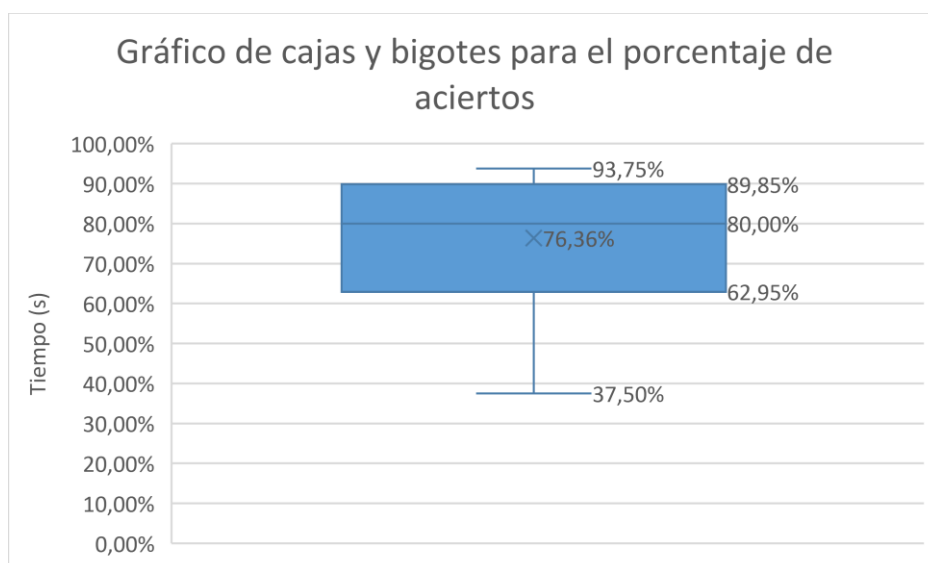


Figura 55. Gráfica Indicador PAT

- **Indicador:** TEPA (Relación del tiempo empleado con el porcentaje total de aciertos obtenido)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de columnas y líneas
- **Figura correspondiente:** Figura 56
- **Conclusiones:** Podemos observar que el tiempo que emplea el usuario en realizar el curso influye de manera significativa en su rendimiento. Hay algunos casos donde el conocimiento previo del alumno puede influir y por tanto vemos casos, como los de los usuarios 4 y 5, donde el porcentaje de aciertos es bueno pese a haber empleado menos tiempo.

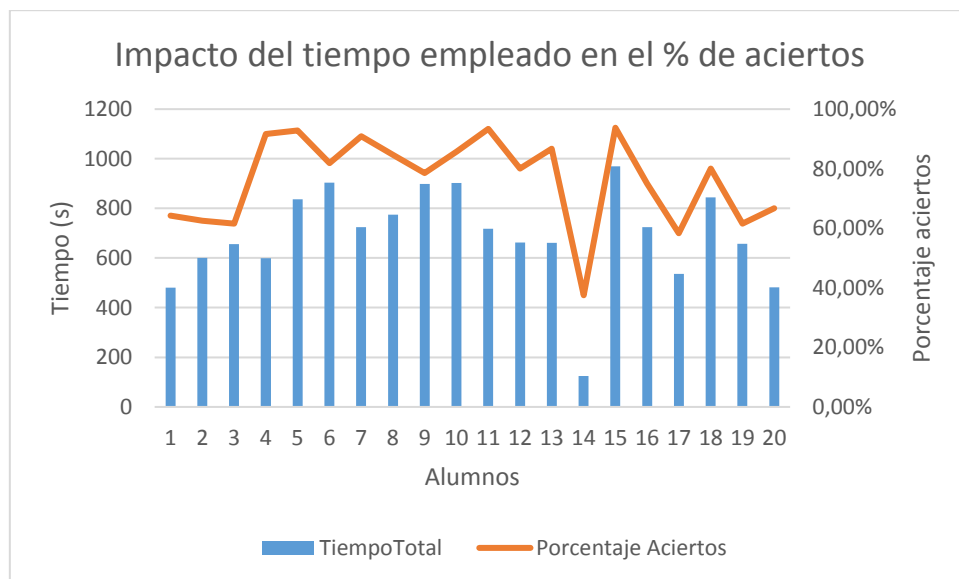


Figura 56. Gráfica Indicador TEPA

- **Indicador:** VPBC (Veces Preguntas Bien Contestadas)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de barras
- **Figura correspondiente:** Figura 57
- **Conclusiones:** En esta gráfica podemos ver las preguntas que han tenido mayores resultados positivos. Por ejemplo, vemos que la pregunta del nivel de líquido de dirección correcto ha sido la de menor dificultad para los estudiantes. Hay casos en los que las preguntas han obtenido solo 2 registros correctos, lo cual indica que sería interesante revisar la dificultad de estas.

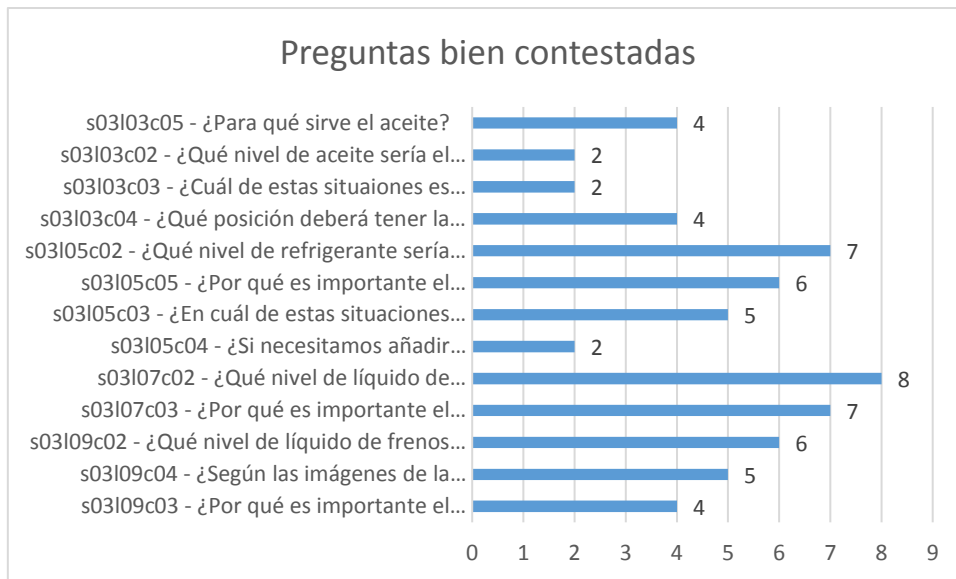


Figura 57. Gráfica Indicador VPBC

- **Indicador:** VPMC (Veces Preguntas Mal Contestadas)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de barras
- **Figura correspondiente:** Figura 58
- **Conclusiones:** Podemos ver que no ha habido muchos casos en los que los usuarios no hayan sido capaces de superar las pruebas. No obstante, la pregunta que nos pide que indiquemos el líquido que debemos emplear para añadir refrigerante, tiene varios fallos. Esto es debido a que seguramente muchos de los usuarios no hayan leído la indicación de seleccionar más de una respuesta.

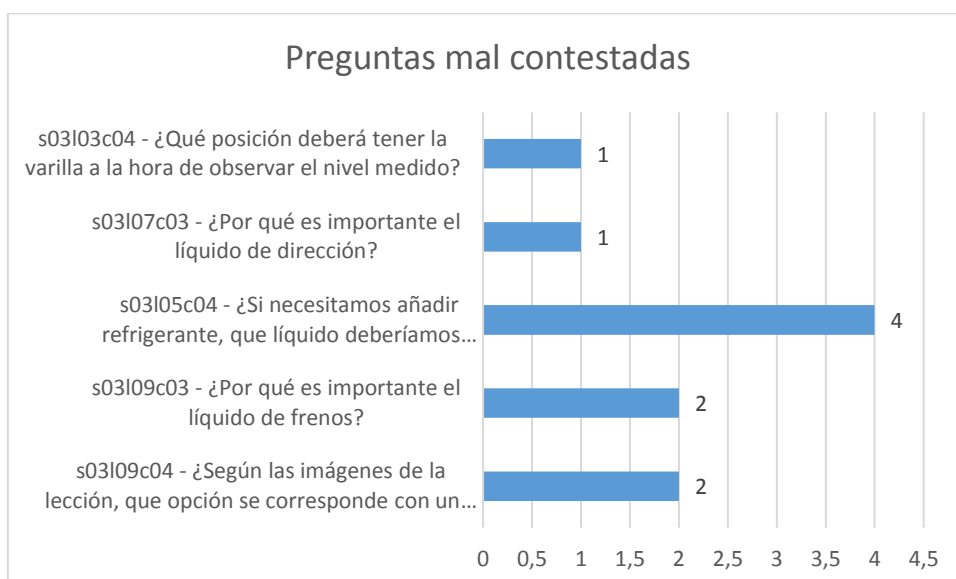


Figura 58. Gráfica Indicador VPMC

9.1.4. Problemas detectados

9.1.4.1. Limitaciones inesperadas

Tras analizar los Statements recogidos, analizarlos y generar indicadores, se encontró un evento no esperado. Había ocurrido cierta pérdida de Statements, dónde algunos de los Statements no habían sido almacenados en el LRS. Esto provocó que las experiencias del usuario en la realización del curso quedasen incompletas, impidiendo generar más indicadores o estadísticas de los mostrados en el punto anterior.

Una vez detectado el problema, se procedió a la búsqueda del motivo de esta pérdida de información. Para descubrir esto, se siguió un procedimiento sencillo, reproducir la situación. Para conseguir reproducir la situación, simplemente se realizó el curso de forma muy rápida, con el objetivo de que el envío de Statements fuese lo más rápido posible. Mientras tanto, se empleó la consola de desarrollador de Chrome para detectar peticiones fallidas.

Y efectivamente, en la Figura 59 vemos como se detecta el problema. Tras 45 segundos de envío continuo de Statements podemos ver como las peticiones de envío comienzan a devolver el código de estado 429. Este código de estado se define como “429-Too Many Requests”. Esto quiere decir que, pese a que en la investigación realizada no se detectó ninguna limitación en el Sandbox LRS de SCORM Cloud (Figura 60), de algún modo el envío de Statements estaba siendo limitado.

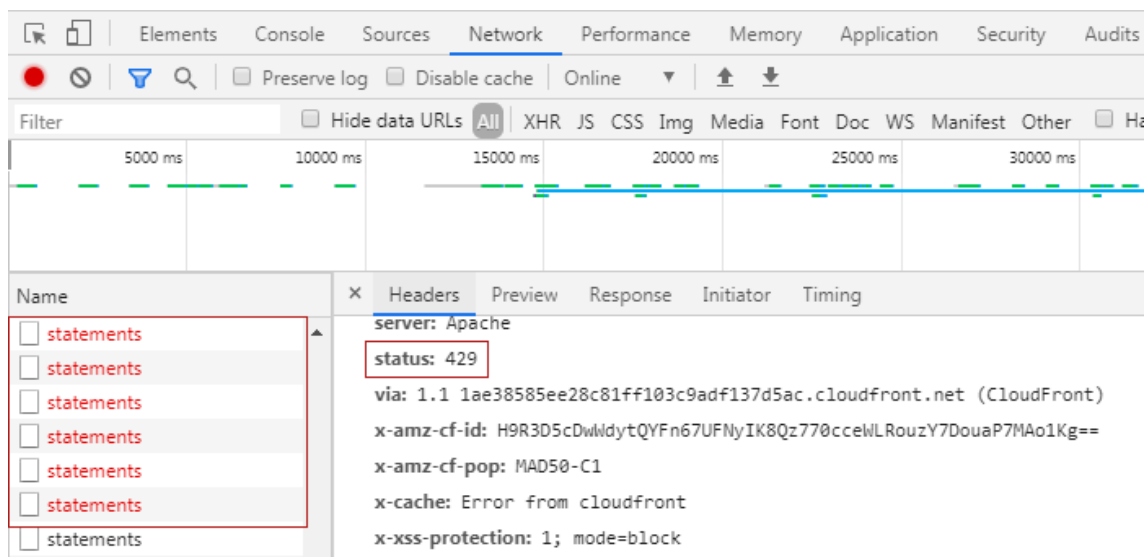


Figura 59. Fallo detectado en el envío de Statements

Change Account Type		
Upload and test the conformance of your e-learning content. Unlimited use is included in all plans.		
	Course Sandbox ⓘ	Storage Limit ⓘ
The Trial	Included	100MB

Figura 60. Descripción de limitaciones de uso para Sandbox LRS a fecha 15/05/2020

XAPI Rate Limiting In SCORM Cloud



Ryan Donnelly

March 12, 2019 19:33

Recently, we enabled xAPI rate limiting in SCORM Cloud in order to protect the stability of SCORM Cloud against excessive traffic.

If the rate limiting is having a negative effect on your application or product, there are some possible solutions to explore:

- Implementing retry logic in your application, to retry any request rejected with an HTTP 429 response
- Enqueueing your requests, and limiting the request to a rate at or below the rate limit
- Upgrading your account to a paid account, which provides higher rate limits

Account Type	Read Operations Per Minute	Write Operations Per Minute
Trial	150	100

Figura 61. Publicación donde se especifica la introducción de nuevas restricciones

Por tanto, ante esta extraña situación, se procedió a realizar un estudio en profundidad de la causa de este problema. Tras realizar una búsqueda en Google, se encontró la fuente del problema. En uno de los resultados de la búsqueda aparecía el enlace a una publicación de un blog perteneciente a Rustici Software, creadores de SCORM Cloud (Figura 61). En él, Ryan Donnelly, encargado de soporte de producto para la empresa, a día 12 de marzo de 2019, describe la inclusión de nuevas restricciones de uso de la plataforma xApi perteneciente a SCORM. Aporta además un cuadro que nos muestra estas restricciones: 150 lecturas y 100 escrituras por minuto. Esto significa que cuando generásemos 100 Statements en menos de un minuto, el resto serían perdidos hasta que este minuto pasase.

9.1.4.2. Posibles soluciones

Ante esta situación repentina, se barajaron varias soluciones que aplicar. En ellas se barajó la opción de implementar una lógica de reintento de envío, de manera que si la petición de envío falla, la aplicación intente volver a mandar el Statement pasado un tiempo determinado. Esta opción parece la más sencilla en cuanto a implementación, pero presenta el problema de la necesidad de que la aplicación web se encuentre abierta para que esto ocurra. Por tanto, se decidió descartarla.

Otra de las opciones, fue realizar un puente intermedio que limitase el envío de Statements, de forma que los encolase y luego los enviase todos. El problema es que, con esta solución, si encolamos miles de Statements debido a la concurrencia de usuarios, a la hora de volver a enviarlos nos volveremos a encontrar con el mismo problema.

Otra de las posibles soluciones era descartar por completo el uso de SCORM para implementar un nuevo LRS propio. Esta solución se basaría en implementar la alternativa diseñada en el apartado de diseño, en concreto la correspondiente con la Figura 28.

No obstante, antes de implementar esta solución alternativa, se decidió realizar una segunda prueba para comprobar si el problema seguía existiendo, siguiendo otra metodología de pruebas. Esta metodología se basaba en probar la aplicación permitiendo que los usuarios realizasen el cuestionario en el momento que ellos decidiesen. De esta forma la concurrencia del sistema sería menor y seguramente la limitación del envío de Statements no supondría ningún problema.

Para intentar esto, se realizó una publicación en los anuncios de UACloud para los alumnos de un profesor de biología. El problema es que debido a la pandemia que se está viviendo en estos

momentos, no ha habido apenas 2 alumnos que hayan realizado el curso, por lo que se ha tomado la decisión de realizar la difusión del curso mediante plataformas online para poder obtener datos concluyentes en una segunda prueba, que se detalla en el apartado siguiente.

9.2. Segunda prueba

9.2.1. Escenario de la prueba

Una vez finalizada la prueba inicial y comprobado el imprevisto de la pérdida de Statements, se procedió a la difusión del curso por redes, que era la mejor opción para obtener datos teniendo en cuenta la situación generada por el Covid-19. De esta forma, el número de usuarios concurrentes era menor, ya que cada persona lo podía hacer en momentos distintos. Mediante esta experimentación se quería comprobar si un menor número de usuarios concurrentes evitaba la pérdida de Statements.

La difusión del curso se realizó a través del Foro online Forocoches (Figura 62). En esta figura se puede ver el anuncio publicado en el foro, pidiendo ayuda a la comunidad de miembros del foro para que completasen el curso.

De nuevo, la versión del curso empleada es la versión accesible, ya que se quiere comprobar la correcta recogida de Statements. El perfil de usuario que va a realizar esta prueba varía del perfil que tuvimos en la prueba inicial. En esta prueba el usuario tiene un mayor conocimiento base sobre el tema del curso. Este factor es útil, ya que se puede recibir retroalimentación valiosa por parte de los usuarios.

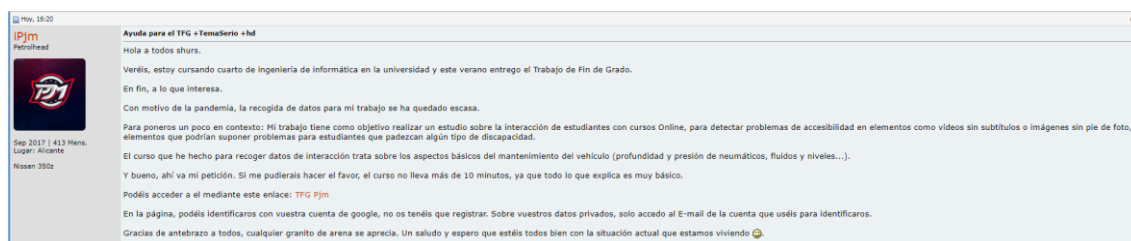


Figura 62. Publicación para promocionar el curso en Forocoches.com

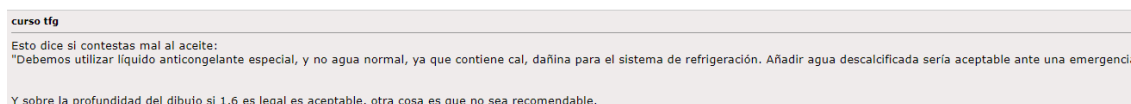


Figura 63. Retroalimentación recibida por miembros de la comunidad

Esta difusión tuvo un alcance razonable, teniendo en cuenta que la publicación estuvo activa durante 35 horas. El número total de participantes fue de 20, de los cuales 15 finalizaron el curso por completo.

Durante la realización del curso por parte de los miembros de la comunidad del foro, se mantuvo un contacto directo con ellos mediante el chat de la propia plataforma. De esta forma, podían consultar posibles dudas o realizar recomendaciones. Podemos encontrarnos un ejemplo de retroalimentación en la Figura 63, en ella podemos ver como un miembro que estaba realizando el curso nos informa sobre un elemento del curso que estaba mal expresado, además de dar su opinión sobre la respuesta a una de las preguntas del curso. Gracias a este usuario, se detectaron algunos fallos en el curso y se pudieron corregir, que era la intención de realizar estas pruebas.

9.2.2. Análisis de datos obtenidos

Para la recogida de los datos de esta segunda prueba, se quiso optimizar el proceso de recuperar los Statements de xApi, anteriormente realizada por Postman. El problema es que xApi limita el número de Statements a 500 por petición de lectura, teniendo que realizar múltiples peticiones y concatenar las respuestas de cada una de ellas, proceso que resulta poca trivial, además de nada efectivo. El objetivo en esta ocasión era realizar la recogida mediante un procedimiento realmente automático, que no requiera interacción alguna y almacene los Statements de xApi de forma local.

Para automatizar el proceso de recuperación de Statements, anteriormente realizado por medio de Postman, de forma manual, se ha recurrido a implementar una pequeña aplicación en NodeJS.

Esta aplicación hace uso de la librería oficial [TinCanJS](#). Esta librería tiene la posibilidad de enviar nuevos Statements al LRS, además de recuperarlos. También nos aporta la posibilidad de ejecutar de forma recursiva la recogida de Statements, de manera que la limitación de 500 Statements por petición no suponga ningún obstáculo. En la Figura 64 podemos ver el resultado de ejecutar la aplicación NodeJS.

Como se puede ver, recupera tres bloques de 500 Statements y uno de 154. Los almacena todos en un Array de Statements, para finalmente escribirlos a un archivo JSON mediante la función `JSON.stringify()`.

Gracias a esta nueva aplicación se simplifica mucho la recuperación de Statements. De cara al futuro, para conectar esta recogida de datos con un cliente para que se ejecute de forma automática, será necesario publicar esta aplicación como un endpoint HTTP de NodeJS, de forma que pueda ser atacada mediante una petición de tipo GET.

```
lpjm@lpjm-OMEN:~/Documentos/TFG/tfg/tfg/dataAnálisis/fetchStatements$ node fetchStatements.js
Stream.constructor
Stream.fetchStatements
Stream.processStatementsResult
Stream.printStatementsResult - printing batch of statements: 500
Stream.printStatements
Stream.processStatementsResult - more link: /lrs/10IUQHC6ZB/sandbox/statements?continueToken=834f4264-aad5-4adb-9a5e-381d6f29a381
Stream.fetchStatements
Stream.processStatementsResult
Stream.printStatementsResult - printing batch of statements: 500
Stream.printStatements
Stream.processStatementsResult - more link: /lrs/10IUQHC6ZB/sandbox/statements?continueToken=5c8a1cb5-e232-4114-a17c-1e5371a03738
Stream.fetchStatements
Stream.processStatementsResult
Stream.printStatementsResult - printing batch of statements: 500
Stream.printStatements
Stream.processStatementsResult - more link: /lrs/10IUQHC6ZB/sandbox/statements?continueToken=ce28e768-1b0b-43b2-8040-13d913cff96d
Stream.fetchStatements
Stream.printStatementsResult - printing batch of statements: 154
Stream.printStatements
Stream.printStatementsResult - more link: null
```

Figura 64. Salda generada por la nueva aplicación de recuperación de Statements

En cuanto al análisis de los datos una vez ya recogidos, se emplea el mismo guion de código PHP que se empleó en la primera prueba. Simplemente se ha adaptado para que procese un único JSON con los datos de interacción de todos los usuarios, para automatizar el proceso completamente.

9.2.3. Creación de indicadores y conclusiones

Una vez obtenidos los datos en formato CSV, se importaron a Excel para realizar el diseño de los primeros indicadores mediante gráficas. En esta segunda versión se han podido obtener 8 indicadores, 3 más que en la anterior experimentación, debido a los problemas surgidos anteriormente, que nos van a permitir obtener mejores estadísticas y conclusiones.

- **Indicador:** TTE (Tiempo Total Empleado)
- **Representación gráfica:** Gráfica de cajas y bigotes
- **Figura correspondiente:** Figura 65
- **Conclusiones:** Podemos ver que el tiempo medio de realización del curso es de 1134 segundos, cuyo valor es significativamente mayor al obtenido en la prueba anterior. Esto puede ser debido a una mayor implicación de algunos usuarios a la hora de realizar el curso, por ejemplo, viendo los vídeos que se aportan. La duración del curso por tanto es bastante buena, ya que solo requiere de 10 a 20 minutos para que el usuario lo finalice. Podemos observar dos valores extremos bastante significativos. En el extremo superior, el usuario empleó 2435 segundos (40 minutos) en completar el curso, esto seguramente sea debido a que dejó el curso a medias y después lo continuó. Por otro lado, en el extremo inferior vemos que el usuario empleó 177 segundos (3 minutos), que indica que el usuario realizó el curso de forma rápida y sin poner demasiado interés, cosa que se verá reflejada más adelante en los resultados obtenidos.

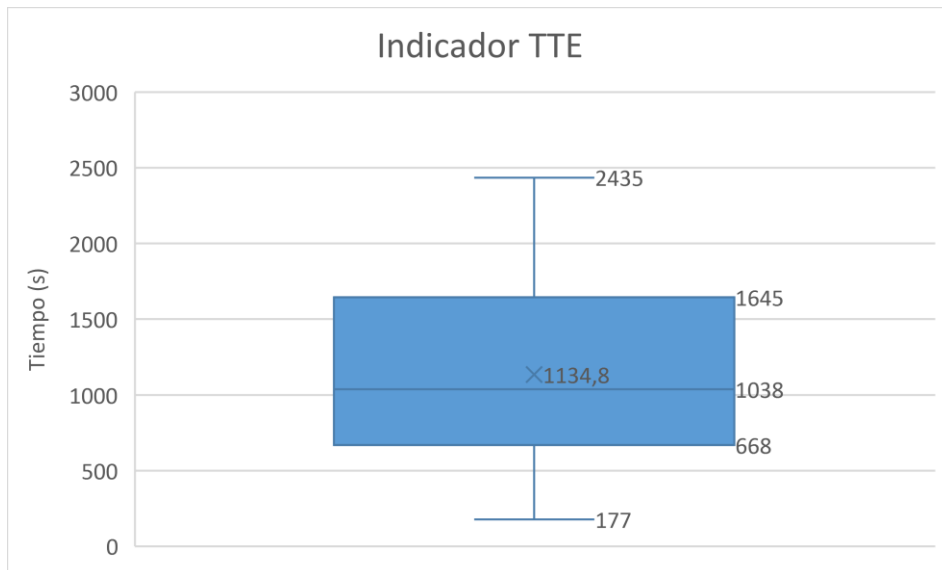


Figura 65. Gráfica Indicador TTE

- **Indicador:** PAT (Porcentaje de Aciertos Totales)
- **Representación gráfica:** Gráfica de cajas y bigotes
- **Figura correspondiente:** Figura 66
- **Conclusiones:** En la gráfica podemos observar un porcentaje medio de acierto del 84%, habiendo casos del 100%. El mínimo visto es de 53%, pero coincide con el alumno que menos tiempo empleó en finalizar el curso, por tanto, no supone un dato relevante. Podemos afirmar, por tanto, las conclusiones de la experimentación anterior, teniendo en cuenta, además, que los resultados en esta segunda experimentación han sido considerablemente mejores.

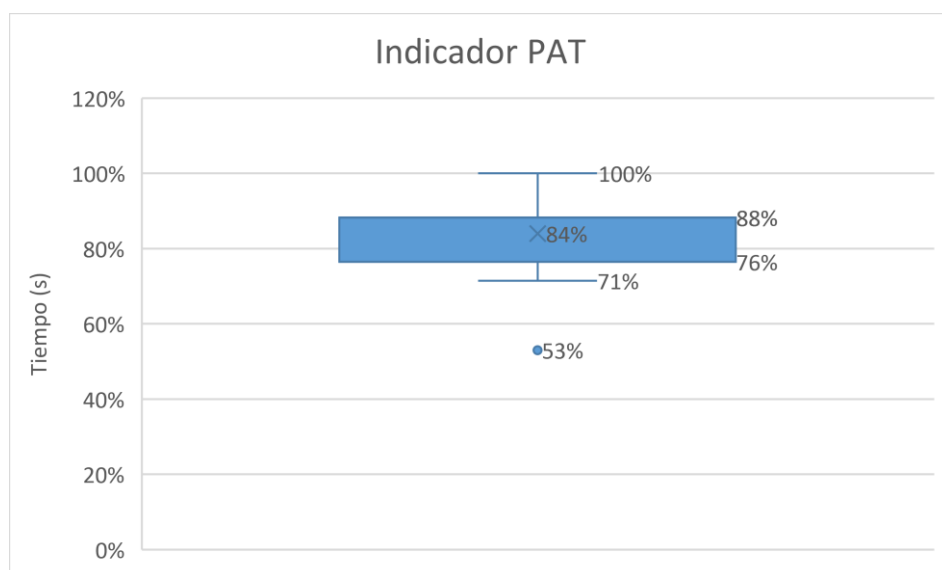


Figura 66. Gráfica Indicador PAT

- **Indicador:** TEPA (Relación del tiempo empleado con el porcentaje total de aciertos obtenido)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de columnas y líneas
- **Figura correspondiente:** Figura 67
- **Conclusiones:** En esta segunda prueba podemos ver que el tiempo empleado en realizar el curso no afecta de una manera tan drástica en sus resultados como en la prueba anterior. Esto puede ser debido a que el grupo de usuarios seleccionados esta vez tenía más conocimientos previos sobre el tema del curso. Si que observamos que los usuarios que han empleado de 500 a 1500 segundos han sido capaces de obtener más de un 80% de éxito sin problema alguno. Destacar también que el alumno que empleó 177 segundos en completar el curso ha obtenido la peor puntuación debido a su poca implicación a la hora de realizar el curso.

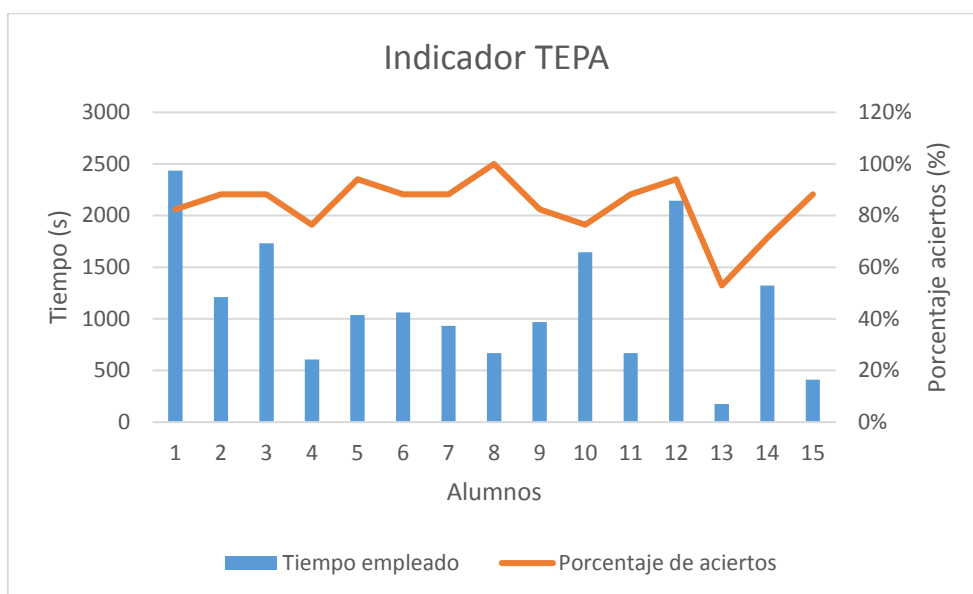


Figura 67. Gráfica Indicador TEPA

- **Indicador:** TEPL (Tiempo Empleado Por Lección)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de columnas
- **Figura correspondiente:** Figura 68
- **Conclusiones:** Este indicador es útil para ver si se han visualizado los videos de las lecciones que los contenían, viendo si el tiempo empleado en ella incluye haber visualizado el vídeo. Las lecciones (leyenda inferior del gráfico) con video son la de “presión del neumático” y “El aceite”. Un claro ejemplo de un usuario que ha visualizado los videos lo podemos encontrar en los usuarios 12 y 14, con más de 5 minutos empleados en estas lecciones (los vídeos duraban aproximadamente 3). Podemos

observar también un valor atípico, en el que un usuario ha invertido más de 20 minutos en realizar una lección que no contenía si quiera vídeo. Esto se puede deber a que el usuario realizó una pausa y luego continuó con el curso. Por último, podemos ver una ligera tendencia de casi todos los usuarios a emplear más tiempo en las primeras lecciones del curso (Columnas más a la derecha), invirtiendo menos tiempo a medida que avanzan.

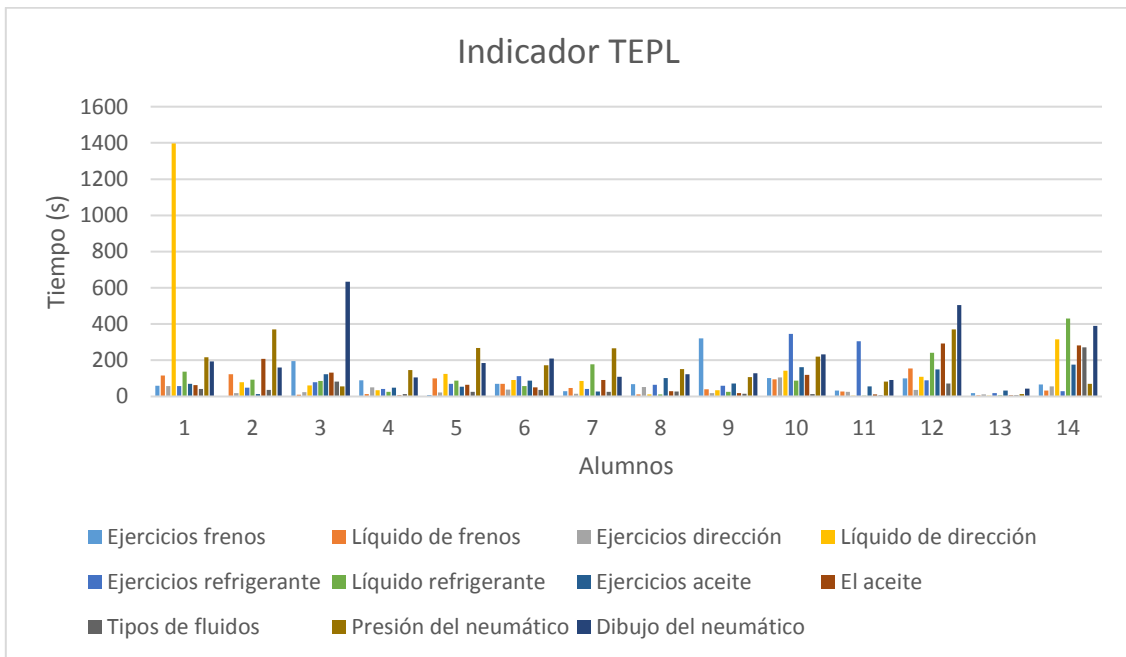


Figura 68. Gráfica Indicador TEPL

- **Indicador:** NTR (Número Total de Revisiones)
- **Representación gráfica:** Gráfica de columnas
- **Figura correspondiente:** Figura 69
- **Conclusiones:** Observando la gráfica, podemos deducir que el usuario 10 es uno de los que más dudas ha tenido, y que menos conocimientos previos del tema tenía. También podemos ver usuarios que han realizado un número considerable de revisiones (200+), seguramente debido a dudas surgidas sobre preguntas concretas. Por último, vemos una considerable cantidad de usuarios con un número de revisiones inferior a 100, siendo estos los que más conocimientos previos tenían y mejor han comprendido el curso.

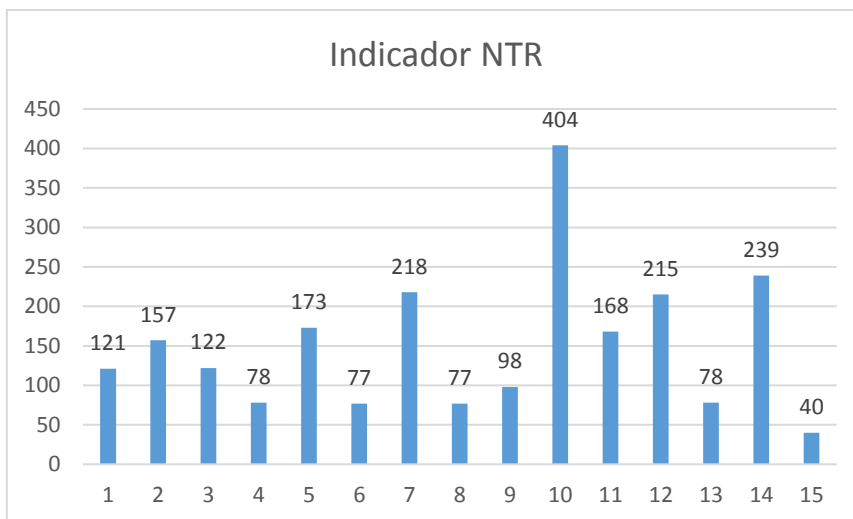


Figura 69. Gráfica Indicador NTR

- **Indicador:** NIT (Número de Interacciones Totales)
- **Representación gráfica:** Gráfica de columnas
- **Figura correspondiente:** Figura 70
- **Conclusiones:** Podemos ver un buen número de interacciones por parte de los usuarios, con picos para los usuarios que más han necesitado revisar el contenido. Con esto podemos deducir que el número mínimo de interacciones para finalizar el curso, en el hipotético caso de no realizar ninguna revisión, es de 121 interacciones. Gracias a este indicador y el anterior, podemos ver que, exceptuando casos puntuales, la dificultad es adecuada para todos los usuarios.

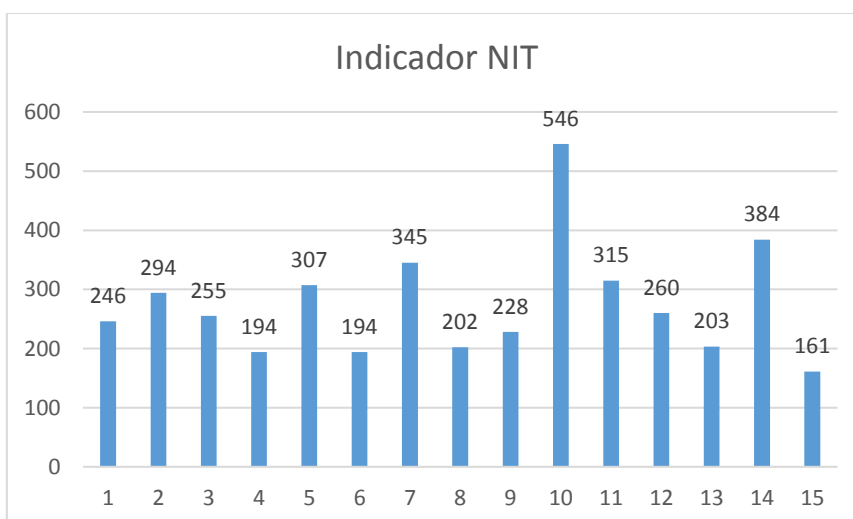


Figura 70. Gráfica Indicador NIT

- **Indicador:** VPBC (Veces Preguntas Bien Contestadas)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de barras
- **Figura correspondiente:** Figura 71
- **Conclusiones:** En esta gráfica podemos ver las preguntas que han tenido mayores resultados positivos. Por ejemplo, vemos que la pregunta referente a medir el neumático con una moneda ha sido la que mejor se ha comprendido y menos se ha fallado. Hay casos en los que las preguntas han obtenido solo 1 o 2 registros correctos, lo cual indica que son conceptos de mayor dificultad para los usuarios.

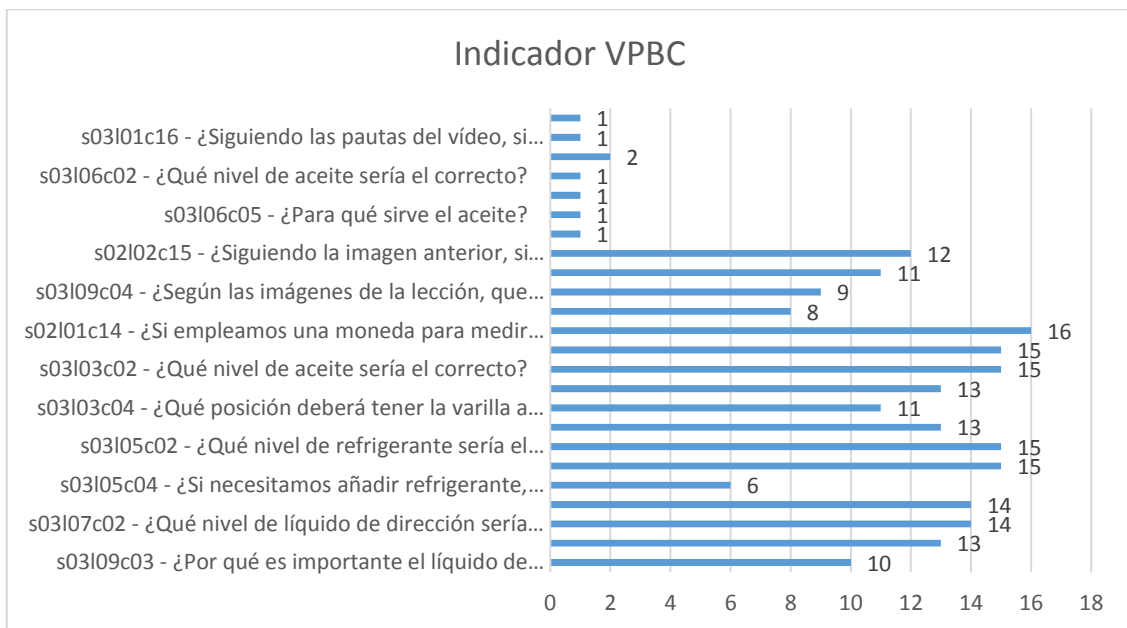


Figura 71. Gráfica Indicador VPBC

- **Indicador:** VPMC (Veces Preguntas Mal Contestadas)
- **Representación gráfica:** Mediante el empleo de gráfica de barras
- **Figura correspondiente:** Figura 72
- **Conclusiones:** En esta gráfica podemos ver las preguntas que han tenido mayores resultados negativos. Por ejemplo, vemos que la pregunta referente al líquido refrigerante a emplear ha sido la que más dificultades ha causado, debido seguramente en parte a que en el enunciado se pide seleccionar más de una respuesta, pero no se haya leído esta indicación. Por último, hay que destacar el caso de las preguntas referentes a vídeos e imágenes, que han obtenido un considerable número de respuestas fallidas, debido a que muchos de los usuarios no se han tomado el tiempo de ver los contenidos de los vídeos o las imágenes.

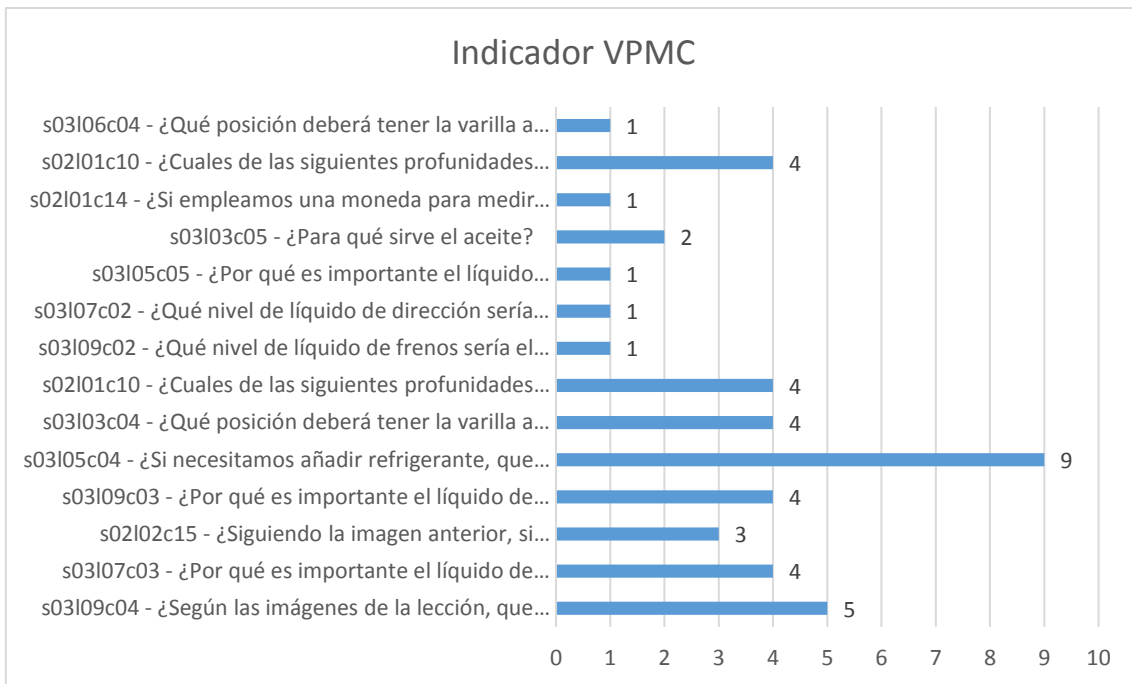


Figura 72. Gráfica Indicador VPMC

9.2.4. Problemas detectados

Durante la recolección de los datos recogidos por xApi se observaron algunos resultados anómalos en el análisis de datos. Al obtener los tiempos de finalización para cada lección se observó la imposibilidad de calcular algunos tiempos por falta de Statements, además de que el cálculo de otros muchos no era correcto.

A partir de aquí, se investigó el problema más a fondo, ya que en esta ocasión era obvio que la culpa no la tenía la limitación del LRS de SCORM. Para atajar el problema de raíz, se comprobó la implementación del nuevo Statement introducido en el sistema, cuya implementación se detalla en el apartado “Nuevo Statement” de este documento. Tras comprobar el código añadido, se pudo ver que no el nuevo Statement no tenía en cuenta la lección en la que se encontraba el alumno actualmente. En su lugar, se usaban posiciones relativas (lección anterior y lección siguiente) para realizar el envío del Statement, dando lugar a fallos en las posiciones extremas del curso, es decir, en la primera y última lección.

La solución a este problema se basaba simplemente en modificar el envío del nuevo Statement para que este tuviera en cuenta la lección actual en la que se encuentra el usuario, de manera que el envío se realice con una referencia a esta. Tras localizar la forma de solucionar el problema, se implementó dicha solución modificando, simplemente, dos líneas de código (Figura 73) y se puso a prueba. Tras realizar la comprobación de que no fallaba, se zanjó el

problema y el curso continuó recogiendo nuevas interacciones de usuarios, esta vez totalmente fiables y sin fallas.

Mencionar, también, que los problemas detectados en el sistema LRS de SCORM en la primera prueba, no se han dado de nuevo para la segunda, lo que indica que esta tecnología funciona de forma adecuada siempre y cuando no se alcance una concurrencia de más de 4 usuarios. Teniendo en cuenta esto, pese a que no es imprescindible, sería recomendable implementar un sistema alternativo que soporte una mayor carga de usuarios, para así asegurar la correcta recogida de Statements.

```
143     this.router.navigate(['/course-viewer/section/ 148     this.router.navigate(['/course-viewer/section/
144 -   this.xapi.exited(this.previousLesson); 149 +   this.xapi.exited(this.currentLesson);
145     this.xapi.progressed(this.nextLesson); 150     this.xapi.progressed(this.nextLesson);
146   } 151   }
147 152
148   navigateBack() { 153   navigateBack() {
149     this.router.navigate(['/course-viewer/section/ 154     this.router.navigate(['/course-viewer/section/
150 -   this.xapi.exited(this.nextLesson); 155 +   this.xapi.exited(this.currentLesson);
151     this.xapi.navigatedBack(this.previousLesson); 156     this.xapi.navigatedBack(this.previousLesson);
152   } 157   }
153 158
```

Figura 73. Código modificado para solucionar el problema detectado con el nuevo Statement

10. Conclusiones y trabajo futuro

En el transcurso del trabajo se ha tratado constantemente el tema de la accesibilidad web y de la importancia de esta para usuarios de todo tipo y en cualquier situación. Además, se ha hecho constante énfasis en enfocar la accesibilidad web desde el punto de vista de usuarios con discapacidad. Se ha podido comprobar que estos usuarios conforman un grupo que se ve afectado de primera mano por los fallos de accesibilidad, ya que pueden perder la posibilidad de acceder a distintos tipos de contenido. Un claro ejemplo de esto lo hemos visto en la educación, en situaciones en las que un curso online había sido creado sin tener en cuenta los criterios de accesibilidad, resultando esto en la pérdida del acceso a estos contenidos para usuarios con problemas.

No se puede obviar el hecho de que, gracias a la Web, muchos de los usuarios que padecen algún tipo de discapacidad, pueden realizar acciones o acceder a ciertos contenidos que, de otra forma, les sería imposible conseguir. Es, por tanto, de gran importancia diseñar un sistema que permita detectar fallos de accesibilidad para garantizar el acceso a todos los usuarios, independientemente de su situación.

Por otro lado, tras finalizar el desarrollo de este Trabajo Final de Grado se considera que los objetivos propuestos se han cumplido de parcialmente.

Se han podido finalizar todos los objetivos establecidos en el proyecto, a falta de los dos últimos. Uno de estos objetivos es el de realizar las pruebas A/B con la participación de usuarios con discapacidad. Realizar estas pruebas es clave, ya que, si bien se ha conseguido demostrar que se pueden obtener datos de interacción, generar indicadores y establecer conclusiones sobre los mismos, no se ha podido probar su potencial a la hora de detectar problemas de usuarios que tengan dificultades debidas a alguna discapacidad. La realización de estas pruebas fue imposibilitada debido a la situación repentina de pandemia que comenzó en el mes de marzo, y que, hoy en día, continúa. Esto impidió encontrar un grupo de usuarios que cumpliera con las características descritas para realizar esta prueba.

Otro de los objetivos que no se han podido finalizar debido a la falta de tiempo ha sido la implementación de un sitio web que permita visualizar los datos y generar indicadores para los estudiantes de forma automática. Pese a esto, se han dejado diseñadas las tecnologías a emplear y las pantallas de dicha aplicación web, a falta de plasmarlas en código. Por otro lado,

la recogida y procesamiento de datos de forma automática ya se encuentra implementada, a falta de integrarla con la aplicación web final y generar indicadores.

Ahora, centrándonos un poco más en los objetivos que si se han podido satisfacer, se ha conseguido desplegar el sistema de cursos, comprobando el uso de recursos y diseñando alternativas a posibles problemas generados por limitaciones del software de terceros empleado. Por otro lado, se ha implementado un curso con un contenido de interés general, que ha sido probado por usuarios reales y se ha perfeccionado mediante las interacciones recogidas por el sistema. Además, se implementaron versiones distintas del curso, accesible y no accesible, en las que se introdujeron nodos críticos para la accesibilidad de usuarios con problemas, dejando el curso listo para la realización de las pruebas A/B.

También se han diseñado algunos indicadores de rendimiento para los usuarios en el apartado 7.4. Gracias a estos indicadores podremos generar informes de rendimiento para los estudiantes. Se ha probado además los resultados y el tipo de conclusiones que se podrían tomar con estos indicadores, mostrando así su efectividad a la hora de plasmar la experiencia del estudiante en el curso. No obstante, se podrían diseñar más indicadores que tuviesen en cuenta interacciones del usuario con una mayor granularidad, para así poder detectar problemas o impedimentos con mayor exactitud.

Con objeto de describir las líneas de trabajo futuro, me gustaría destacar los siguientes puntos:

- Llevar a la práctica las pruebas A/B descritas en el apartado 7.3.2, de manera que se pueda aplicar esta solución para la detección de problemas de accesibilidad y probar su efectividad.
- Emplear la tecnología de JavaScript para detectar desplazamientos de página anormalmente rápidos, para así evitar la recogida de datos de interacción que no reflejan información relevante.
- Diseñar e implementar un nuevo Statement que indique que el usuario ha completado el curso, para así poder delimitar de una forma más sencilla las marcas temporales.
- Modificar el LRS donde se almacenan los datos de interacción del usuario, dado a las limitaciones encontradas, de modo que se asegure escalabilidad del sistema ante un gran número de usuarios. Como posibilidad, se podría plantear implementar la alternativa diseñada en el apartado 7.3.3.2.
- Implementar el sistema de visualización Web diseñado en este documento, con las mismas tecnologías u otras alternativas, de manera que se consiga una forma gráfica y automática de visualización de indicadores y estadísticas de interacción.

Referencias

- Amo-Filvà, D., Alier-Forment, M., García-Peñalvo, F. J., Fonseca-Escudero, D., & José-Casañ, M. (2018). Clickstream for learning analytics to assess students' behavior with Scratch. *Future Generation Computer Systems*, 93, 673-686. doi:10.1016/j.future.2018.10.057
- Buenaño-Fernández, D., & Luján-Mora, S. (2019). Propuesta de aplicación de minería de procesos para evaluar las rutas de aprendizaje de estudiantes con discapacidad visual en cursos en línea. (A. -A. Información, Ed.) *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 17, 1035-1047. Obtenido de <http://www.risti.xyz/issues/ristie17.pdf>
- Charlton, G. (2019). *What is Cart Abandonment?* Recuperado el 21 de Mayo de 2020, de <https://www.salecycle.com/blog/strategies/what-is-cart-abandonment/>
- Colman, H. (2019). *eLearning Standards Comparison: AICC vs SCORM vs xAPI vs cmi5*. Recuperado el 4 de Abril de 2020, de <https://www.ispringsolutions.com/blog/elearning-standards>
- Department Of Education, U. S. (2020). *Addressing the Risk of COVID-19 in Preschool, Elementary and Secondary Schools While Serving Children with Disabilities*. Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de <https://www2.ed.gov/about/offices/list/ocr/frontpage/faq/rr/policyguidance/Supple%20Fact%20Sheet%203.21.20%20FINAL.pdf>
- Department of Education, U. S. (2020). *Addressing the Risk of COVID-19 in Schools While protecting the Civil Rights of Students*. Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de <https://www2.ed.gov/about/offices/list/ocr/docs/ocr-coronavirus-fact-sheet.pdf>
- Espinosa Campello, J. (2019). *Monitorización de actividad en cursos e-learning*. Universidad de Alicante.
- Faconauto. (2019). *Reflexión sobre el parque automovilístico español*. Recuperado el 10 de Mayo de 2020, de <https://www.motorok.com/noticias/antiguedad-parque-automovilistico-espanol/>
- Francia, J. (2017). *¿Qué es Scrum?* Recuperado el 5 de Abril de 2020, de <https://www.scrum.org/resources/blog/que-es-scrum>

- Galofré, M., & Minguillón, J. (2008). Identifying pedagogical, technological and organizational barriers in virtual learning environments. *ASSETS08: The 10th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, (págs. 237-238). Halifax Nova Scotia. doi:10.1145/1414471.1414516
- Gortázar, L. (2017). Abajo las barreras al aprendizaje. *El País*. Recuperado el 10 de Abril de 2020, de https://elpais.com/elpais/2017/04/24/opinion/1493027821_075077.html
- Iniesto, F., Mcandrew, P., Minocha, S., & Coughlan, T. (2017). What are the Expectations of Disabled Learners when Participating in a MOOC? doi:10.1145/3051457.3053991
- Li, X., Wang, T., & Wang, H. (2017). Exploring N-gram Features in Clickstream Data for MOOC Learning Achievement Prediction. *Lecture Notes in Computer Science*, 10179. doi:10.1007/978-3-319-55705-2_16
- Mangal, D., Singhal, S., & Sharma, D. (2019). An Algorithm for Prediction of Web User Navigation Pattern and Restructuring of Web Structure Based on Visitor's Web Access Pattern. *Communications in Computer and Information Science*, 1046. doi:10.1007/978-981-13-9942-8_64
- Manso-Vázquez, M., Caeiro-Rodríguez, M., & Llamas-Nistal, M. (2015). Development of a xAPI application profile for self-regulated learning requirements for capturing SRL related data. *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 358-365. doi:10.1109/EDUCON.2015.7095997
- Moodle. (2019). *Moodle Analytics API*. Recuperado el 3 de Abril de 2020, de https://docs.moodle.org/dev/Analytics_API
- Mungania, P. (2004). Employees' perceptions of barriers in e-Learning : the relationship among barriers, demographics, and e-Learning self-efficacy. *Electronic Theses and Dissertations*. doi:10.18297/1027
- OCU. (2016). *Cuánto cuesta mantener un coche*. Recuperado el 10 de Mayo de 2020, de <https://www.ocu.org/coches/coches/noticias/coches-taller-analisis>
- Opentracker. (2020). *Clickstream analysis*. Recuperado el 12 de Mayo de 2020, de <https://www.opentracker.net/article/clickstream-or-clickpath-analysis>
- Opentracker. (2020). *Glossary*. Recuperado el 12 de Mayo de 2020, de <https://www.opentracker.net/docs/glossary/>

- Poon, L., Kong, S., Yau, T., Wong, M., & Ling, M. (2017). Learning Analytics for Monitoring Students Participation Online: Visualizing Navigational Patterns on Learning Management System. *Lecture Notes in Computer Science*, 10309. doi:10.1007/978-3-319-59360-9_15
- Sanchez-Gordon, S., & Luján-Mora, S. (2013). Web accessibility of MOOCs for elderly students. *12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, (págs. 1-6). Antalya. doi:10.1109/ITHET.2013.6671024
- Shawn Lawton, H. (2005). w3c. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de Introducción a la Accesibilidad Web: <https://www.w3c.es/Traducciones/es/WAI/intro/accessibility>
- UNESCO. (2020). *COVID-19 Impact on Education*. Recuperado el 26 de Mayo de 2020, de <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>
- W3C. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Recuperado el 24 de Abril de 2020, de <https://www.w3.org/TR/2018/REC-WCAG21-20180605/>
- Wang, G., Zhang, X., Tang, S., Wilson, C., Zheng, H., & Zhao, B. Y. (2017). Clickstream User Behavior Models. *ACM Transactions on the Web*, 11(4). doi:10.1145/3068332
- World report on disability*. (2011). Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report/en/
- Yonghe, W., Souchao, G., & Lijuan, Z. (2019). Design and implementation of data collection mechanism for 3D design course based on xAPI standard. *Interactive Learning Environments*. doi:10.1080/10494820.2019.1696842
- Zorrilla, M., & Álvarez, E. (2008). MATEP: Monitoring and Analysis Tool for E-Learning Platforms. *Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, (págs. 611-613). Santander, Cantabria. doi:10.1109/ICALT.2008.33.