



UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Tecnología específica: Tecnologías de la Infomación.

TRABAJO FIN DE GRADO

Monitorización automática de estudiantes para la detección temprana de posibles fracasos académicos.

Francisco López Navarro.

Julio, 2019



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA**

Tecnologías y Sistemas de la Información.

Tecnología específica: Tecnologías de la Información.

TRABAJO FIN DE GRADO

Monitorización automática de estudiantes para la detección temprana de posibles fracasos académicos.

Autor: Francisco López Navarro.

Director: Javier Alonso Albusac Jiménez.

Julio, 2019

TRIBUNAL:

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

FECHA DE DEFENSA: _____

CALIFICACIÓN: _____

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

*A esas personas que me han iluminado
cuando lo veía todo oscuro.
Gracias*

Resumen

El fracaso académico es un problema real que afecta cada día a más estudiantes que han decidido cursar estudios universitarios. Según un estudio de BBVA Research [15] este fracaso cuesta al Estado 5.772 € al año por cada alumno lo que supone más de 1.500 millones de euros al año. El factor más determinante de este fracaso se encuentra en el rendimiento académico, ya que unos malos resultados pueden llevar al alumno a enfrentarse a otros posibles factores como la pérdida de motivación o persistencia a la hora de estudiar.

A lo largo del periodo de estudio de una asignatura, se observa que existen patrones que están directamente relacionados con los resultados obtenidos por los alumnos y se repiten año tras año. Con lo que a partir de experiencias previas, sería posible predecir el resultado futuro de los alumnos en función al comportamiento que van desarrollando a lo largo de la asignatura y prevenir una posible tendencia al fracaso académico.

Pero la realidad es que realizar el seguimiento personalizado de la actividad de los alumnos, necesario para poder estudiar y aplicar estos patrones, dista mucho de ser una tarea sencilla. Esto se debe, principalmente, a la cantidad de alumnos a los que imparten las clases y al elevado número de pruebas y tareas que componen una asignatura. A lo largo de este TFG se propone el desarrollo de una metodología que facilite esta tarea al personal docente.

Dicha metodología estará compuesta por un modelo formal que será definido en las primeras etapas del proyecto y servirá para calcular el grado de riesgo que tiene un alumno de fracasar en una asignatura en base a experiencias previas.

Más adelante se creará una herramienta web que implemente dicho modelo y ayude al profesor a realizar el seguimiento de un grupo numeroso de alumnos y a conocer el riesgo de suspender una asignatura. A través de una interfaz centrada en el usuario y la utilización de gráficos para mostrar los resultados de una manera sencilla e intuitiva, se buscará que la interacción del profesor sea lo más intuitiva posible con la herramienta.

Una vez se haya terminado el desarrollo la herramienta, se realizará un caso práctico que permita comprobar su correcto funcionamiento. Para finalmente plasmar las conclusiones obtenidas y las posibles aplicaciones futuras o ámbitos en los que desarrollarse de la metodología desarrollada.

Abstract

Academic failure is a real problem that every day affects more and more students who have decided to study at university. According to a BBVA Research study [15], this failure costs the State €5,772 a year per student, which means more than €1,500 million a year. The most determining factor in this failure is academic performance, since poor results can lead students to face other possible factors such as loss of motivation or persistence when it comes to studying.

All over the study period of a subject, it is observed that some patterns, repeated every year, are directly linked to the results obtained by the students. Consequently, it could be possible to predict the future results a student will have, according to the behavior they develop throughout the subject, and to prevent a possible tendency to academic failure.

But the real fact is that personalized monitoring of student activity, which is necessary to study and to put into practice these patterns, is far from being a simple task. This is due to the high number of students and the big amount of tests and tasks that make up any subject. Throughout this Project develops a methodology that helps teaching staff with this task.

This methodology consists of a formal model that will be defined in the early stages of the project and it will be used to calculate the risk of failing a subject by a student according to previous experiences.

Further on, a web tool will be created in order to implement this model, which will help the teacher to monitor a large group of students and know the risk of failing any subject. Through a user-centred interface and the use of graphics to show the results in a simple and intuitive way, the aim is to achieve an interaction between the teacher and the tool as intuitive as possible.

Once the development of the tool has been completed, a practical case will be made to check its correct operation, in order to reflect the conclusions obtained and the possible future applications or areas in which this methodology could be developed.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres (biológicos o putativos) el esfuerzo que han realizado durante toda mi vida para que pudiera llegar a donde estoy hoy. Demostrando paciencia y comprensión (aunque tampoco mucha) cuando más lo necesitaba, dándome su apoyo en los momentos más difíciles y formando parte de los momentos más felices.

A mis hermanos, a los que, aunque no se lo diga a menudo, quiero de una forma especial y les agradezco su amor desinteresado sin importar mi estado de ánimo o comportamiento.

A Julia, ya que sin su constante cariño y su apoyo esto no hubiera sido posible. Ha sido capaz de animarme cuando el agobio y la tristeza se apoderaban de mí.

A Juan, Rafa, Cherra y Pablo, porque vuestra compañía ha conseguido hacer más ameno este camino que hemos recorrido juntos. *¡Somos de Counter!; SÍ O NO?*

Y por qué no decirlo, me gustaría agradecerme a mí mismo haber superado todos esos momentos de desánimo y desidia que me han acompañado durante los últimos años y que se cierran con la finalización de este proyecto.

Por último, agradecer a Javier el director de este TFG por darme la oportunidad de realizar este proyecto y haberme guiado durante los meses de trabajo. Aunque yo no haya avanzado todo lo rápido que debiera, él siempre ha estado dispuesto a ayudarme y guiarme en cualquier momento.

Francisco López Navarro.

ÍNDICE GENERAL

1 Motivación del trabajo	1
1.1 Introducción a la problemática inicial	1
1.2 Trabajos relacionados	3
1.2.1 Métodos matemáticos y/o estadísticos	3
1.2.2 Minería de datos	8
1.2.3 Conclusiones obtenidas	11
1.3 Estructura del documento	13
2 Objetivos	15
2.1 Objetivo principal.	15
2.2 Subobjetivos.	15
2.2.1 Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas.	15
2.2.2 Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo.	16
2.3 Objetivos docentes.	16
3 Metodología de trabajo	19
3.1 Estrategia general	19
3.2 Descripción de los paquetes de trabajo y tareas	19
3.2.1 PT1. Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas.	19
3.2.2 PT2. Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo formal.	20
3.2.3 PT3. Elaboración de la memoria correspondiente al proyecto.	22
3.2.4 Relación entre objetivos y paquetes de trabajo.	22
3.2.5 Planificación temporal del proyecto.	22
3.3 Metodología	24
3.3.1 Desarrollo iterativo e incremental.	24
3.3.2 Implantación de la metodología en el proyecto.	24
3.4 Plan de iteraciones.	25

3.4.1	Iteración 0.	26
3.4.2	Iteración 1.	26
3.4.3	Iteración 2.	27
3.4.4	Iteración 3.	28
3.4.5	Iteración 4.	28
3.4.6	Iteración 5.	29
3.4.7	Iteración 6.	29
3.4.8	Iteración 7.	29
3.4.9	Iteración 8.	30
3.4.10	Iteración 9.	30
4	Resultados	33
4.1	Iteración 0. Fase de Inicio.	33
4.1.1	Análisis de requisitos.	33
4.1.2	Modelo de casos de uso	34
4.1.3	Diseño de la arquitectura del sistema.	35
4.1.4	Configuración del entorno.	36
4.2	PT1. Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas.	36
4.2.1	Iteración 1. Preparación de los datos y comienzo de la implementación del modelo.	36
4.2.2	Iteración 2. Fin del diseño del modelo.	40
4.2.3	Iteración 3. Prueba y análisis del modelo.	44
4.3	PT2. Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo formal.	50
4.3.1	Iteración 4. Diseño de la interfaz de usuario.	50
4.3.2	Iteración 5. Diseño de la base de datos relacional.	55
4.3.3	Iteración 6. Diseño e implementación de la interfaz de comunicación entre el sistema y el SGBD.	57
4.3.4	Iteración 7. Diseño e implementación del módulo de importación de datos y carga en la base de datos.	60
4.3.5	Iteración 8. Implementación del modelo formal.	64
4.3.6	Iteración 9. Pruebas y evaluación del sistema.	68
4.4	Objetivos cumplidos y competencias alcanzadas.	78
4.4.1	Objetivos.	78
4.4.2	Competencias de la intensificación.	80
5	Conclusiones	83
5.1	Propuestas futuras.	84

A Anexo A	87
A.1 Manual de usuario.	87
A.1.1 Vista de inicio.	87
A.1.2 Menú principal.	91
A.1.3 Carga de archivos.	91
A.1.4 Consulta y edición de notas.	93
A.1.5 Visualización de resultados.	96
B Anexo B	101
B.1 Histórico de calificaciones asignatura Cálculo.	101
B.2 Calificaciones alumnos 2018-2019. Asignatura Cálculo.	102
Bibliografía	103

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Evolución de el porcentaje de créditos aprobados desde la implantación del Plan Bolonia.	2
1.2	Coefficiente de <i>Pearson</i> de la relación entre cuestionarios y la nota del examen final.	6
1.3	Composición de los diferentes clústeres	7
1.4	Evolución de la nota media en cada clúster.	7
1.5	Diagrama conceptual del módulo predictivo GradeForesser.	9
1.6	Interfaz de la aplicación GradeForesser.	10
1.7	Fichero que muestra el resultado de la predicción realizada con GradeForesser.	10
3.1	Diagrama de <i>Gantt</i> de la planificación temporal del proyecto dividido en paquetes y tareas.	23
3.2	Ciclo de vida de un desarrollo iterativo e incremental.	24
3.3	Estructura de una iteración en un desarrollo iterativo e incremental.	26
4.1	Diagrama de casos de uso con las funcionalidades del usuario.	34
4.2	Arquitectura del sistema bajo el patrón MVC.	37
4.3	Peso asociado a cada prueba de la asignatura.	44
4.4	(a) Nota media en cada prueba. (b) Nota media de cada curso académico.	45
4.5	Diseño de la la interfaz de <i>Login</i> o acceso al sistema.	52
4.6	Diseño de la interfaz del menú principal de la aplicación.	52
4.7	Diseño de la interfaz del módulo de carga de archivos.	53
4.8	Diseño de la interfaz para la consulta y edición de notas (1).	54
4.9	Diseño de la interfaz para la consulta y edición de notas (2).	55
4.10	Diseño de la interfaz para la visualización de resultados en forma de gráficos explicativos.	55
4.11	Diseño de la base de datos relacional.	56
4.12	Esquema de la comunicación entre las clases DAO y el SGBD.	58
4.13	Diagrama de clases explicativo del patrón <i>Singleton</i>	59
4.14	Interfaz para registrarse en el sistema	60
4.15	Interfaz para identificarse y acceder al sistema.	60
4.16	Menú principal de la herramienta.	61
4.17	Muestra obtenida de los datos que se utilizan en este proyecto tras su preparación.	62

4.18	Interfaz desde donde se realiza la carga de archivos en el sistema.	63
4.19	Tabla que muestra el histórico de calificaciones de una asignatura.	63
4.20	Tabla que muestra las calificaciones y el grado de alerta de los alumnos del curso actual.	64
4.21	Tabla que muestra el histórico de calificaciones de una asignatura.	65
4.22	Gráfico que muestra el número de pruebas y las relaciones entre ellas.	66
4.23	Gráfico que muestra los alumnos del curso actual que están en alerta de suspender la asignatura.	67
4.24	Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos aprobados en cada curso académico.	67
4.25	Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos aprobados en cada curso académico.	68
4.26	Registro del usuario de pruebas.	69
4.27	Identificación del usuario de pruebas.	70
4.28	Histórico de calificaciones de la asignatura Cálculo	70
4.29	Grado de alerta tras la primera prueba (1)	71
4.30	Grado de alerta tras la primera prueba (2)	71
4.31	Grado de alerta tras la segunda prueba (1)	72
4.32	Grado de alerta tras la segunda prueba (2)	72
4.33	Estado de los alumnos tras la tercera prueba.	73
4.34	Grado de alerta tras la tercera prueba (1)	73
4.35	Grado de alerta tras la tercera prueba (2)	73
4.36	Porcentaje de aprobados por año en la asignatura "Cálculo".	74
4.37	Relación de entre aprobar la prueba T_2 y acabar aprobando la asignatura.	75
4.38	Resultados de la primera pregunta del test de usuario.	75
4.39	Resultados de la segunda pregunta del test de usuario.	76
4.40	Resultados de la tercera pregunta del test de usuario.	76
4.41	Resultados de la cuarta pregunta del test de usuario.	77
4.42	Resultados de la quinta pregunta del test de usuario.	78
4.43	Resultados de la sexta pregunta del test de usuario.	78
A.1	Tabla que muestra el histórico de calificaciones de una asignatura.	87
A.2	Vínculo que redirige al usuario a la interfaz para registrarse.	88
A.3	Botón "Registrarse" en el menú superior de la aplicación.	88
A.4	Interfaz para registrarse en el sistema	89
A.5	Mensaje de alerta mostrado por el sistema cuando la contraseña no tiene la longitud adecuada	89
A.6	Mensaje de alerta mostrado por el sistema cuando no se ha realizado el login correctamente.	89
A.7	Formulario de <i>Login</i> completo, listo para iniciar sesión.	90
A.8	Interfaz gráfica que proporciona información acerca de la herramienta y sus autores.	90
A.9	Menú principal de la herramienta.	91

A.10 Menú superior de la herramienta una vez el usuario haya iniciado sesión.	91
A.11 Menú principal de la herramienta.	92
A.12 Interfaz desde donde se realiza la carga de archivos en el sistema.	92
A.13 Botón del menú principal para acceder a la interfaz de carga de datos.	92
A.14 Mensaje que notifica el éxito en la carga del archivo de configuración de la asignatura. . .	92
A.15 Menú principal de la herramienta.	93
A.16 Mensaje que notifica el éxito en la carga del archivo de calificaciones.	93
A.17 Botón del menú principal para acceder a la vista de consulta y edición de notas.	93
A.18 Intefaz para la visualización y la edición de notas.	94
A.19 Intefaz para la visualización y la edición de notas.	94
A.20 Interfaz para el seguimiento y gestión de alumnos del curso actual (1).	95
A.21 Interfaz para el seguimiento y gestión de alumnos del curso actual (2).	95
A.22 Interfaz para el seguimiento y gestión de alumnos del curso actual (3).	95
A.23 Diálogo de confirmación para el borrado del alumno.	96
A.24 Mensaje de confirmación tras eliminar los datos del alumno.	96
A.25 Botón del menú principal para acceder a la interfaz de visualización de gráficos.	96
A.26 Menú principal de la herramienta.	96
A.27 Interfaz para la visualización de resultados a través de gráficos (1).	97
A.28 Interfaz para la visualización de resultados a través de gráficos (2).	97
A.29 Detalle de los nodos que representan cada una de las pruebas.	98
A.30 Detalle del gráfico que muestra el porcentaje de alumnos en riesgo.	98
A.31 Encubrimiento de un conjunto de alumnos tras interactuar con la leyenda del gráfico. . . .	98
A.32 Detalle del gráfico.	99
A.33 Interfaz para la visualización de resultados a través de gráficos (2).	99

ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Resultados obtenidos tras la aplicación de la técnica de regresión logística lineal.	5
3.1	Correspondencia entre objetivos y paquetes.	22
3.2	Correspondencia entre tareas e iteraciones del PT1.	25
3.3	Correspondencia entre tareas e iteraciones del PT2.	25
3.4	Correspondencia entre tareas e iteraciones del PT3.	26
3.5	Descripción de la iteración 0.	27
3.6	Descripción de la iteración 1.	27
3.7	Descripción de la iteración 2.	28
3.8	Descripción de la iteración 3.	28
3.9	Descripción de la iteración 4.	29
3.10	Descripción de la iteración 5.	29
3.11	Descripción de la iteración 6.	30
3.12	Descripción de la iteración 7.	30
3.13	Descripción de la iteración 8.	31
3.14	Descripción de la iteración 9.	31
4.1	Tecnologías utilizadas en cada una de las capas del MVC.	36
4.2	Resumen de las pruebas del modelo.	45
4.3	Relación de estudiantes según sus resultados en la asignatura.	45
4.4	Nota media en cada una de las diferentes pruebas.	45
4.5	Nota media de la asignatura en cada curso académico	46
4.6	Desglose del número de alumnos y la situación en que se encuentran en cada prueba.	46
4.7	Número de alumnos que aprueban o suspenden cada una de las pruebas.	46
4.8	Datos detallados sobre los alumnos que no superan la asignatura.	46
4.9	Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_1	47
4.10	Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_2	48
4.11	Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_3	48
4.12	Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_4	49

4.13	Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_5	50
4.14	Cumplimiento de los subobjetivos del proyecto.	79
4.15	Cumplimiento de los objetivos docentes del proyecto.	79
4.16	Tecnología específica cursada por el alumno.	80
4.17	Competencias alcanzadas por el alumno durante el desarrollo del proyecto.	80
B.1	Notas históricas los alumnos de la asignatura de Cálculo.	101
B.2	Notas de los alumnos del curso 2018-2019.	102

ÍNDICE DE LISTADOS

4.1	Código fuente en Java	58
4.2	Archivo de configuración de la asignatura Informática	62
4.3	Archivo de configuración de la asignatura Cálculo	69

MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

1.1 INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA INICIAL

Uno de los principales retos a los que se enfrenta un estudiante que acaba de empezar a cursar sus estudios universitarios es la carga y distribución del trabajo que presentan éstos. Diferentes asignaturas, cada una independiente de las demás, con su propio ritmo de trabajos y exámenes, que exigen una alta dedicación si se quieren superar, pueden hacer que si el estudiante no es capaz de adaptarse a este ritmo de trabajo pueda fracasar académicamente en una o varias asignaturas o incluso en la totalidad del curso, pudiendo llevar a los alumnos a abandonar dichos estudios.

A lo largo del período de estudio de una asignatura, hay puntos más críticos que otros en los que es más común que los alumnos no consigan superarlos. Estos puntos de inflexión suelen coincidir año tras año, por lo que se puede establecer uno o varios posibles patrones que informen de la garantía de éxito de los alumnos. Gracias a estos patrones se puede aprender en base a experiencias previas de los alumnos de cursos anteriores para conocer de primera mano cuáles son los puntos críticos y qué relación tienen entre ellos.

Utilizando técnicas de aprendizaje se podrían asimilar estos patrones para conseguir aplicarlos con los alumnos que estén estudiando el curso actual, con lo que se podrán buscar similitudes entre éstos y los alumnos que hayan cursado anteriormente la asignatura. Gracias a ello, se podría incluso aventurar si el alumno puede superar o no la asignatura, en base a dichas similitudes con los alumnos anteriores y los resultados finales que estos obtuvieron.

Para poder estudiar y aplicar estos patrones correctamente, el personal docente de las universidades debe realizar un seguimiento más personalizado de la actividad de los alumnos que les ayude a estar al tanto de la situación académica del alumno en su asignatura, y le permita tomar medidas en el caso de que sean necesarias, con el objetivo de mejorar los resultados de este alumno.

Este seguimiento no siempre se ha fomentado tanto como ahora, ya que además de la dificultad que presenta a la hora de realizarse con grupo numerosos, existía la problemática de que los planes de estudios antiguos no estaban específicamente diseñados con este fin, ya que contaban con un número menor de pruebas de evaluación y conceptos como la asistencia a clase o la evaluación continua no recibían tanta importancia.

Sin embargo, desde el año 2010 el sistema universitario español se rige por el plan de Bolonia. Éste se instauró para la adaptación y unificación de los criterios educativos con el resto de universidades europeas. Con esta nueva estructura de contenidos, en la que conceptos como la evaluación continua, las tutorías académicas y el fomento del aprendizaje continuo por parte del profesor adquieren una gran importancia, se busca fomentar el seguimiento progresivo e individualizado de cada estudiante.

Con el cambio del modelo educativo del que hemos hablado anteriormente se simplificaba bastante la posibilidad de realizar un seguimiento individualizado del alumno, y como se ve en la figura Fig. 1.1, los resultados académicos han mejorado desde entonces.

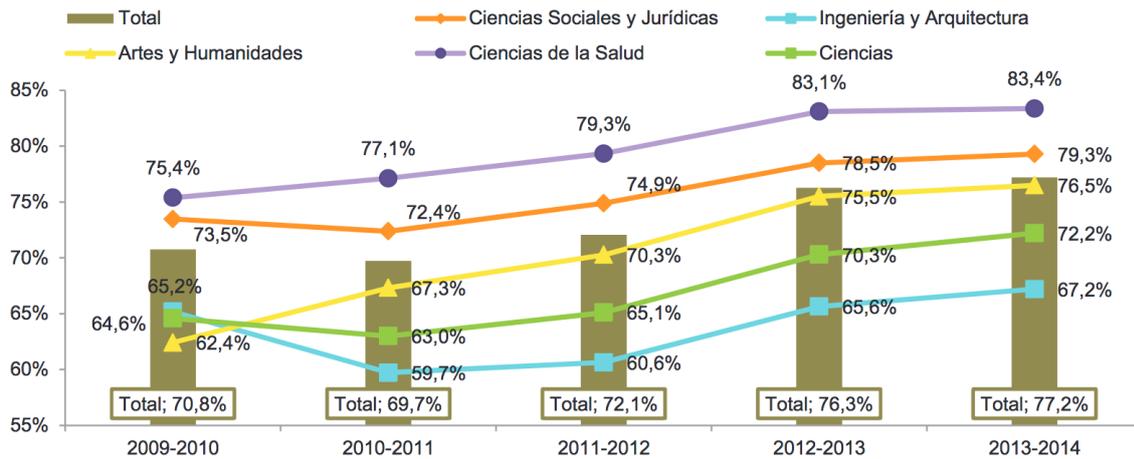


Figura 1.1: Evolución de el porcentaje de créditos aprobados desde la implantación del Plan Bolonia.

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. [21]

Este plan de estudios desglosa cada asignatura en una serie de objetivos propios y conocimientos que el alumno debe adquirir si desea superar dicha asignatura. Para determinar si un estudiante ha alcanzado esos objetivos se llevan a cabo diversas pruebas de evaluación que se realizan de manera progresiva a lo largo del periodo lectivo. Estas actividades pueden ser test, exámenes parciales, entregas de prácticas o ejercicios, entre otras.

Gracias al nuevo plan de estudios el proceso de seguimiento individualizado del alumno experimenta un gran avance, ya que si se aplica correctamente ayuda al alumno a desarrollar sus conocimientos progresivamente, para que pueda comprender y establecer una base sólida de conocimientos sobre lo que está estudiando, con el fin de conseguir una mejor asimilación de los conceptos por su parte.

A pesar de estas medidas, el inconveniente que no se ha conseguido solucionar todavía es la dificultad que puede tener un profesor para controlar a un grupo numeroso de alumnos. Sin embargo, es éste el aspecto más importante a la hora de realizar dicho seguimiento, ya que es extraño encontrar clases con grupos poco numerosos. Normalmente se superan los 50 alumnos por clase, algunas veces incluso se dobla esta cifra. Además, ese profesor probablemente de clase a más de un grupo de esa asignatura o incluso impartirá otras asignaturas diferentes. Por lo que este gran número de alumnos sumado a la cantidad de tareas que tiene que realizar cada uno, hace que sea tremendamente difícil poder realizar un seguimiento individualizado y detallado. Ya que, la mayoría de las herramientas de las que hoy disponemos, permiten registrar los resultados obtenidos pero no alertan de algún modo la desviación de un estudiante en su camino hacia el aprobado.

Ahora bien, en esta serie de pruebas de control que componen una asignatura, diseñadas para ir paso por paso, cada estudiante presenta su propio comportamiento. Puede ocurrir que algunos estudiantes no superen una determinada prueba y, aunque finalmente terminen aprobando la asignatura, fracasen en alguna de las siguientes pruebas relacionadas con la primera. Incluso, puede haber algunos estudiantes que se detengan en esta prueba no superada y acumulen pruebas y actividades sin superar, conduciéndoles esto a suspender la asignatura o lo que es lo mismo al fracaso académico. Aquí es donde los patrones de los que se hablaba anteriormente ganan especial importancia, ya que basándose en experiencias previas se podrá analizar el comportamiento de otros alumnos que estuvieron en la misma situación y cómo fueron sus resultados en las siguientes pruebas o en el resultado final en la asignatura.

Una vez se tenga dicha información el profesor será capaz de anticipar cómo puede evolucionar dicho estudiante a lo largo de la asignatura y qué áreas o contenidos debe reforzar para prevenir que siga fracasando en las diferentes pruebas o en último grado, la asignatura.

Este proyecto surge como idea para enfrentarnos a la problemática que supone realizar un seguimiento personalizado a un grupo numeroso de estudiantes y con el objetivo de facilitar una herramienta a los profesores que ayude a hacer este trabajo para que puedan detectar de manera temprana posibles tendencias al fracaso, ya que una detección temprana de esta desviación puede ayudar al alumno a encontrar otra vez su camino y corregir su situación. Con la solución del problema de hacer frente a grupos numerosos de alumnos, se podría esperar una mejora en el porcentaje de alumnos aprobados en la asignatura y de los resultados obtenidos por éstos.

Para ello se diseñará un modelo formal que obtenga una serie de patrones en base a los datos de cursos anteriores y permita calcular el factor de riesgo que tiene un determinado alumno de no superar determinadas pruebas o no superar la asignatura. También se desarrollará un sistema web que implemente dicho modelo y permita a los profesores realizar todo el proceso de seguimiento del alumno, desde la introducción de notas de años anteriores para que el sistema aprenda de ellas, hasta visualización del grado de alerta de los alumnos del curso actual, pasando por la introducción de notas de dichos alumnos de forma progresiva según se vayan celebrando las diferentes pruebas.

Como caso práctico, los datos que inicialmente cargará la herramienta web y que serán utilizados para establecer los patrones de los que se ha hablado anteriormente serán los datos correspondientes a los estudiantes de la asignatura de Informática de la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén entre los años 2011-2012 y 2016-2017. Asignatura que en ese período de tiempo fue impartida por Javier Alonso Albusac Jiménez, director de este TFG.

El uso de esta herramienta implica una serie de beneficios. El principal es la mejora de resultados académicos debido a una detección en fases tempranas de un posible fracaso académico. Además, gracias a que esta herramienta está ideada con ese fin, facilita el seguimiento individualizado de los alumnos dentro de grupos numerosos. Ahora bien, también se pueden desglosar una serie de ventajas derivadas de su utilización, como la disminución del esfuerzo que supondría para este mismo profesor realizar esta tarea mediante otros métodos o la eliminación del factor humano que conlleva una posibilidad de error, si el profesor decidiese realizar este seguimiento de forma manual. Además, teniendo en cuenta su facilidad de uso y su portabilidad, es posible que incluso algunos profesores que no hiciesen un seguimiento tan detallado de sus alumnos puedan actualizar su metodología de trabajo haciéndola más dinámica para adaptarse a la aplicación, con lo que saldrían beneficiadas ambas partes.

1.2 TRABAJOS RELACIONADOS

A la hora de realizar un estudio o elaborar un proyecto sobre un determinado tema o concepto, siempre es recomendable además de buscar información sobre ese tema en concreto, estudiar de forma minuciosa otros trabajos similares que intentan abordar la misma problemática. En esta sección se va a analizar diversos artículos o estudios que tratan la problemática de la implantación de diferentes técnicas para realizar un seguimiento personalizado de los estudiantes, y las ventajas que proporcionan a la hora de mejorar el rendimiento académico de éstos.

Debido a la diversidad de artículos que tratan esta problemática, se va a realizar una clasificación basándose en los diferentes métodos o técnicas que se utilizan.

1.2.1 Métodos matemáticos y/o estadísticos

En las materias donde el índice de fracaso es considerable, es fundamental que el profesor posea información relevante sobre sus alumnos para desarrollar un tratamiento diferenciado en la enseñanza. Para lograrlo, se requiere que los profesores conozcan las características de sus alumnos para que puedan guiarlos, adecuándose a sus capacidades, conocimientos y motivaciones.

La aplicación de técnicas estadísticas favorece la comprensión por parte del profesorado de la mutabilidad relacionada con los indicadores de desempeño, satisfacción y abandono del alumno, no solo porque permite cuantificar estas variables, sino también por la posibilidad que ofrece para realizar predicciones de las mismas [14].

Además, si se tiene en cuenta el gran avance que han experimentado los sistemas de información universitarios en cuanto al volumen de datos viables de ser analizados, prácticamente se invita a llevar a cabo análisis de estos datos con el fin de llevar la enseñanza a un nuevo nivel. De hecho, según el estudio *Data Mining Application in Higher Learning Institutions* [2], a partir del año 2000 en la gestión de las instituciones de educación superior ha ganado auge el empleo de técnicas estadísticas [10], [11] y de minería de datos [18],[1] para predecir el rendimiento académico de los estudiantes, ya sea en una materia en particular o en un curso académico completo.

La técnica de regresión logística lineal ha sido ampliamente utilizada debido a su capacidad para tratar variables independientes, tanto numéricas como categóricas. Esta técnica es recomendable emplearla en situaciones donde se quiere explicar la probabilidad “p” de ocurrencia de un suceso mediante los valores de ciertas variables independientes.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que en estos estudios de predicción, existen diversos factores que pueden provocar diferencias entre lo que sucede realmente y la predicción. Por ejemplo: los cambios de profesores, las modificaciones en el contenido de la asignatura, la secuencia en que se realizan las actividades o los cambios en el sistema de evaluación de la asignatura, entre otros. Si se presentan diferencias marcadas en alguno de estos factores entre el momento en el que se construye el modelo y el momento en el que se está realizando la predicción los resultados presentarán una fuerte variación y podrían resultar engañosos.

1.2.1.1 Predicción del rendimiento en una asignatura empleando la técnica de regresión logística lineal

En este trabajo [10] se aborda la utilización de esta técnica para construir una ecuación que relacione la calificación en la asignatura Modelos Probabilísticos de los Procesos (MPP), la cual se imparte en segundo año de la carrera de Ingeniería Industrial, con sus resultados en primer año.

En un principio, se consideró utilizar como única variable el rendimiento global del estudiante en el primer año, pero, al considerarse que este rendimiento está formado por el desempeño en una serie de asignaturas, se decidió hacer un análisis más detallado. Por esta razón se dividieron las diferentes asignaturas de primer año en subgrupos, de manera que en cada uno de ellos se agruparan aquellas que presentan contenidos similares.

Una vez realizada esta división, se definieron como variables independientes el promedio del estudiante en cada uno de estos subgrupos. A continuación, se pueden observar estas variables:

- Promedio del estudiante en las asignaturas de ciencia, las cuales incluyen, Matemática 1 y 2, Álgebra, Física 1 y Química.
- Promedio del estudiante en las asignaturas de dibujo, las cuales incluyen Dibujo Básico y Dibujo Aplicado.
- Promedio del estudiante en las asignaturas de inglés, las cuales incluyen Inglés 1 y 2.
- Promedio del estudiante en las asignaturas más técnicas, las cuales incluyen Introducción a la Ingeniería e Introducción a la Ingeniería Industrial.
- Promedio del estudiante en las asignaturas de ciencias sociales, las cuales incluyen Historia, Filosofía y Economía Política.

- La calificación en Introducción a la Informática, la cual se decidió no agrupar con ninguna de las materias del año.

Para construir el modelo se recogieron durante tres cursos académicos, los datos de un total de 274 separados de la siguiente forma:

- **Grupo 1.** Para este grupo, formado por 130 alumnos, se recogieron los datos de sus primeros dos años en la universidad. Estos dos años, engloban los cursos 2008-2009 (primer año) y 2009-2010 (segundo año).
- **Grupo 2.** A este grupo pertenecen 144 alumnos cuyo primer curso académico fue el 2009-2010. Para este grupo también se recogieron los datos de dos años diferentes: cursos 2009-2010 y 2010-2011.

Una vez se obtuvieron los datos, se aplicó la técnica de regresión logística lineal, con cada uno de los dos grupos de datos que han sido comentados y, posteriormente, con ambos grupos de manera conjunta y tras analizar las semejanzas y diferencias en los resultados de estos casos, se obtuvo un modelo empleando ambos conjuntos unidos.

Para evaluar la efectividad del modelo, se evaluaron los valores de las variables independientes definidas anteriormente utilizando los resultados de los alumnos de un nuevo grupo. Este grupo compuesto por 145 alumnos cuyo primer año fue en el curso académico 2010-2011. Con esta evaluación se obtuvo una predicción del desempeño de estos estudiantes en la asignatura MPP para el curso 2011-2012.

Tras comparar los resultados obtenidos en las predicciones con los resultados reales, se destaca que de los 103 estudiantes cuyo pronóstico fue realizado, hubo 82 aciertos y 21 errores, para un 80 % de aciertos y un 20 % de fallos. Por lo que la calidad de este modelo de predicción parece aceptable. En la tabla 1.1 se puede ver un resumen de estos resultados.

Total estudiantes	Total sin pronóstico	Total con pronóstico	
146	42	103	
		82	Total aciertos
		21	Total fallos

Tabla 1.1: Resultados obtenidos tras la aplicación de la técnica de regresión logística lineal.

1.2.1.2 Impact of students' performance in the continuous assessment methodology through Moodle on the final exam.

En este estudio [11] se examina la diferente evolución del rendimiento de los estudiantes de un curso introductorio de contabilidad financiera en la Universidad Politécnica de Valencia a través de 8 cuestionarios *online* y su impacto en la calificación final de la asignatura.

Los estudiantes sobre los que se hará este estudio son estudiantes de la asignatura de contabilidad y finanzas de la UPV (Universidad Politécnica de Valencia). Se utilizará la plataforma VLE (*Virtual Learning Environment*) Moodle como sistema donde los alumnos van a realizar los test y donde el profesor obtendrá los resultados de cada estudiante.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el posible impacto de la evaluación continua de los contenidos de las diferentes unidades temáticas de una asignatura de Contabilidad Financiera a través de cuestionarios y uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en el examen final. A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos:

El estudio se realizó sobre 53 estudiantes de los cuales el 73,6 % es la primera vez que cursan la asignatura, el 15,1 % la cursan por segunda vez y el 11,3 % la han cursado 3 veces o más. De estos 53 alumnos, 46 siguieron todos los cuestionarios de forma continua y de éstos solo 39 se presentaron al examen final (84,7 %).

A través de la realización de un análisis de correlación de *Pearson* (Fig. 1.2), se puede observar que no existe relación aparente entre la nota específica de uno de los 8 cuestionarios con la del examen final. Esto significa que la nota de una unidad específica no repercute en el examen final (Para que la correlación sea significativa se empieza a considerar a partir de 0,05).

	Final Exam	Test unit 1	Test unit 2	Test unit 3	Test unit 4	Test unit 5	Test unit 6	Test unit 7	Test unit 8
Final Exam	1								
Test unit 1	0.089	1							
Test unit 2	0.184	0.197	1						
Test unit 3	0.295	-0.150	0.008	1					
Test unit 4	0.270	-0.175	0.081	0.315*	1				
Test unit 5	0.069	0.042	0.099	0.022	0.086	1			
Test unit 6	0.176	0.100	0.061	0.075	0.219	-0.061	1		
Test unit 7	-0.049	-0.180	-0.056	-0.104	0.269	0.183	0.339*	1	
Test unit 8	0.211	0.242	0.262	-0.089	0.236	0.108	0.264	0.058	1

Figura 1.2: Coeficiente de *Pearson* de la relación entre cuestionarios y la nota del examen final.

Fuente:Ref:[11]

Para comprobar el rendimiento de los estudiantes, se decidió agruparlos siguiendo una estructura de clúster jerárquico que consiste en agrupar elementos/objetos en base a características comunes, potenciando la homogeneidad de los elementos dentro de un mismo clúster y a la vez la heterogeneidad entre elementos de clústeres distintos. En este estudio se consideraron como variables de clasificación las diferentes notas medias obtenidas en los cuestionarios.

Tras haber agrupado a los estudiantes de esta manera, se pudo observar la evolución de los resultados de los distintos grupos o clústeres en las figuras Fig.1.3 y Fig.1.4.

Del análisis de los resultados de este estudio se obtienen las siguientes conclusiones:

- Existen diferentes perfiles de estudiantes que se observa como evolucionan a lo largo del curso a través de los cuestionarios. Por ejemplo: algunos estudiantes que empiezan muy bien, luego obtienen peores resultados en los últimos test o incluso en la prueba final y esto se achaca a una posible sobre confianza.

Otros en cambio, obtienen malos resultados en los primeros cuestionarios y esto reactiva a los estudiantes que consiguen mejorar sus resultados en el examen final.

También existe un grupo de estudiantes cuyos resultados a simple vista parece que no se rigen por ningún patrón de comportamiento.

Variable	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Valid	Lost
Test 1	7,22	8,19	7,04		
Test 2	7,61	7,24	8,22		
Test 3	6,73	6,81	6,58		
Test 4	7,21	N.P.	8,06		
Test 5	7,52	7,25	7,87		
Test 6	6,75	7,00	7,41		
Test 7	7,17	6,50	8,11		
Test 8	5,25	6,33	9,48		
Cases	12	4	9	25	21
% cases	48%	16%	36%		

Figura 1.3: Composición de los diferentes clústeres

Fuente: Ref.[11]



Figura 1.4: Evolución de la nota media en cada clúster.

Fuente: Ref.[11]

- El uso de TICs (en este caso la herramienta *Moodle*) tanto para realizar los test, como para monitorizar los resultados facilita la tarea al profesor, lo que hace más probable que continúe utilizando estos métodos.
- El uso de un sistema que permita monitorizar estos estudiantes ayuda directamente al profesor a conocer la situación real de sus estudiantes de una manera más rápida a la vez que detallada.

1.2.2 Minería de datos

La minería de datos es un campo de la estadística y las ciencias de la computación referido al proceso que intenta descubrir patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos.

(Wikipedia, Ref. [26])

La minería de datos (*Data Mining*) es el proceso que se encarga de extraer información útil y comprensible desde grandes volúmenes de datos almacenados y transformarla en una estructura inteligible para el usuario.

Los avances recientes en el manejo de datos con algoritmos de Inteligencia Artificial proporcionan una serie de técnicas de estudio de datos que permiten extraer información muy útil de forma automática. Algunas de estas técnicas son el Aprendizaje Automático (*Machine Learning*), el Análisis de Datos (*Data Analysis*) y el *Big Data*.

Desde hace un tiempo, se ha intentado aplicar estas técnicas de minería de datos en el estudio educacional, especialmente en plataformas virtual de aprendizaje [6], [8]. Sin embargo, no ha sido hasta estos últimos años cuando esta disciplina ha despertado un interés cada vez más alto, especialmente mediante conferencias y publicaciones en libros y revistas.

Todo esto, sumado al desarrollo de un número creciente de herramientas específicas centradas en el desarrollo de métodos de descubrimiento que utilicen los datos de plataformas educacionales, y en el uso de esos métodos para comprender mejor a los estudiantes y el entorno en el que aprenden, con el fin de obtener información que permita explicar estos fenómenos educativos y mejorar los resultados académicos, hace que este área se haya asentado como una de las áreas de aplicación más importantes de la minería de datos y se conoce como *Educational Data Mining* o EDM [16]. Y solo el tiempo dirá si esta evolución continúa o no, y si se convierte en un nuevo campo de estudio independiente o simplemente se mantiene como otro área de aplicación de la minería de datos.

Los sistemas de información educacionales pueden almacenar una gran cantidad de información potencial de ser analizada procedente de múltiples fuentes y en diferentes formatos y niveles de granularidad. Sin embargo, cada problema educacional tiene un objetivo propio con unas características específicas que requieren que se trate el problema de una manera diferente. A continuación, se resumen 2 aplicaciones que aplican estas técnicas de formas distintas:

1.2.2.1 **GradeForeseer: Recurso docente para la predicción de notas del alumnado de informática.**

GradeForeseer [18] es un recurso docente para la predicción de notas basado en técnicas de aprendizaje automático que permite evaluar la evolución de los alumnos de forma automática y estimar la nota final que obtendrán al terminar el curso. Su objetivo es ayudar al profesor a la hora de realizar el seguimiento de los alumnos y alertarlo si se prevé que el rendimiento de los estudiantes no va a ser el esperado, para que se puedan tomar las medidas necesarias.

La aplicación se compone de un módulo de predicción y una interfaz de usuario, todo ello desarrollado en Java, debido a la ventaja multiplataforma que presenta este lenguaje. Las librerías de aprendizaje que

utilizará el módulo de predicción también han sido desarrolladas en JAVA para facilitar la integración y la homogeneidad del módulo.

El módulo de predicción utiliza los datos históricos de una asignatura que contenga los datos de los alumnos de uno o varios cursos académicos y mediante los algoritmos de predicción es capaz de predecir la nota final que obtendrán los estudiantes del curso académico actual. Tiene como objetivo predecir la nota final de los alumnos en un momento en el que ya se hayan realizado diversas pruebas (prácticas, presentaciones, exámenes parciales, etc.). Con ello el profesor podrá analizar la evolución de los alumnos y ayudar a reforzar los puntos más débiles de los alumnos con más posibilidades de suspender la asignatura.

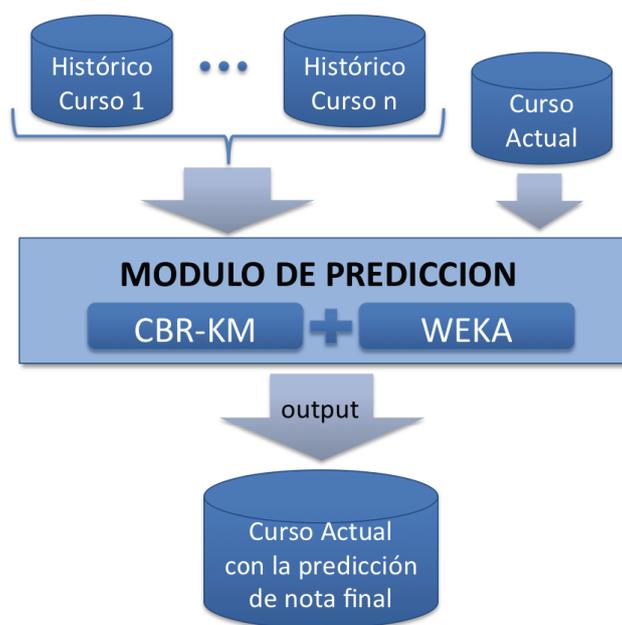


Figura 1.5: Diagrama conceptual del módulo predictivo GradeForeser.

Este proceso se realiza en 3 pasos:

- **1. Recoger los datos de entrada:** El módulo recoge tanto los datos históricos como los datos de los alumnos del curso actual actuales.
- **2. Entrena un conjunto de clasificadores con los datos recogidos:** a partir de los datos obtenidos en el paso anterior, el módulo de predicción utiliza diversos algoritmos de clasificación provenientes de las 2 librerías de aprendizaje automático implementadas:
 - CBR-KM (*Case-Based Reasoning-Knowledge Management*) [3] es una librería desarrollada por la Universidad de Barcelona que contiene una serie de algoritmos de clasificación de Razonamiento basado en casos.
 - WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) [7] es una librería de aprendizaje automático desarrollada por la Universidad de Waikato. Esta librería contiene algoritmos para el preprocesado de los datos, algoritmos de clasificación y de clusterización, diferentes métodos de evaluación, además de una interfaz para visualizar datos y comparar algoritmos.
- **3. Genera las predicciones y las vuelca en un fichero de salida:** se extrae un fichero de datos con la nota final estimada para cada alumno del curso actual.

La interfaz se ha desarrollado utilizando Java Swing para la GUI *Graphical User Interface* para buscar la máxima usabilidad y sencillez. En la figura Fig.1.6 se puede ver como la interfaz proporciona al profesor

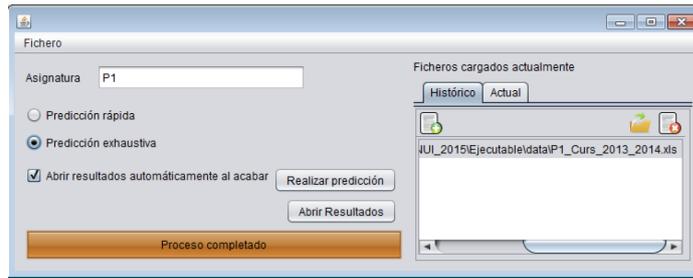


Figura 1.6: Interfaz de la aplicación GradeForesser.

	A	B	C	D	E	G
1	ID_user	E1	E2	E3	Parcial1	NOTA PREVISTA
2	1	10	1	1	3,5	Aprobado
3	2	0	0	0	0	Suspense
4	3	0	6	0	5	Aprobado
5	4	4	0	0	0	Suspense
6	5	4	8,5	7,5	7	Aprobado
7	6	10	9	9	8	Excelente
8	7	0	0	0	3,75	Suspense
9	8	9	0	0	2,75	Aprobado
10	9	10	9,8	9,75	6,55	Excelente
11	10	5	9,5	7,5	2,35	Aprobado
12	11	0	3	0	3,75	Suspense
13	12	0	0	0	0	Suspense
14	13	5	7	4,5	3,25	Suspense
15	14	0	0	0	0	Suspense
16	15	7,8	9,5	0	4	Suspense
17	16	7	5	5,5	5	Suspense
18	17	2	0	0	0	Suspense
19	18	6,6	8	9	5,5	Notable

Figura 1.7: Fichero que muestra el resultado de la predicción realizada con GradeForesser.

todos los elementos necesarios para realizar los pasos (carga de ficheros históricos, de ficheros actuales, realizar la predicción y visualizar los resultados) que componen el proceso.

Para comprobar el funcionamiento de la herramienta se va a evaluar a los alumnos de dos asignaturas distintas Programación I y Diseño de Software. Además, se evalúa el resultado de los alumnos utilizando 2 criterios, siguiendo un criterio binario (aprueba o no la asignatura) y un criterio basado en el rango de la nota obtenida en la asignatura (se establecen rangos de valores numéricos de notas [1, 5]; [5, 7]; [7, 9]; [9, 10] que corresponden a las calificaciones de Suspense, Aprobado, Notable, Sobresaliente).

Se observa que los resultados son más precisos siguiendo el primer criterio (binario) que realiza la predicción con una exactitud superior al 90 % en ambas asignaturas, mientras que cuando se evalúa por rango de notas los resultados obtenidos son de un 69,88 % en el caso de Diseño del Software y un 81,11 % en Programación I.

1.2.2.2 BigMark: análisis y predicción de calificaciones mediante Big Data.

En este proyecto [1] se busca aplicar diferentes técnicas de análisis de datos inteligentes como las ya citadas anteriormente *Machine learning*, *Data analysis* y *Big Data* para extraer información a partir de las calificaciones obtenidas por los alumnos durante el curso.

El proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación inteligente, disponible a través del navegador web o del móvil, para que tanto los profesores como los alumnos puedan ver las calificaciones del curso,

compararlas e incluso predecirlas. La predicción se consigue mediante el análisis de datos y la aplicación de técnicas de regresión estadística a partir de los datos del curso actual y de los cursos anteriores.

El proyecto se organizó según los siguientes módulos. Esta metodología resultó ser muy apropiada para el desarrollo de las actividades.

- 1. Recogida de datos de asignaturas.
- 2. Desarrollo de algoritmos de análisis de datos y muestra de resultados.
- 3. Creación de una aplicación web online para la introducción de datos y visualización de resultados.
- 4. Implantación de un prototipo de la aplicación en una asignatura real.
- 5. Estudio a posteriori de la eficacia del análisis, según los resultados reales de la evaluación.

Aunque el proyecto fue aceptado, finalmente no recibió la financiación solicitada por lo que la aplicación se planteo como prototipos que aunque demostraron la viabilidad de la propuesta ya que tienen la funcionalidad prevista, no tienen un grado de estabilidad necesario ni han sido desarrollados para dar servicio a un elevado número de usuarios.

A pesar de que no se implantó el prototipo de la aplicación (módulo 4) si que se pudo realizar el **módulo 5** y estudiar los datos y a través de los algoritmos de aprendizaje realizar un análisis predictivo con los datos obtenidos. Tras analizar los datos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El estudio de los datos demostró que los algoritmos usados no pueden predecir la nota final con exactitud, pero sí tienen la capacidad de encontrar grupos de alumnos que van bien y acaban teniendo buenos resultados. También identificaron alumnos cuyo rendimiento académico tiene probabilidades muy altas de llevarles a suspender la asignatura.
- Para mejorar la precisión de los algoritmos de aprendizaje, el volumen de datos necesario debe ser muchísimo mayor, tanto en alumnos como en años anteriores. Cuando el volumen de los datos de entrada es muy bajo, los algoritmos son muy sensibles a datos que no se ajustan al desarrollo normal. Por ejemplo, un alumno que haya tenido un rendimiento muy bajo pero que haya hecho un esfuerzo grande al final no es muy común, pero con relativamente pocos datos de entrada (que es este caso), el algoritmo de aprendizaje creará que es un patrón común.

1.2.3 Conclusiones obtenidas

Inicialmente se han analizado casos en los que se implementan técnicas estadísticas mediante las cuales los profesores realizan el seguimiento de sus alumnos. Sin embargo y aunque los resultados obtenidos son buenos en cuanto a lo que predicción se refiere, estos métodos hacen más tediosa la labor del profesorado que debe realizar este seguimiento de forma manual incluso cuando se ha valido de las TICs para realizar las pruebas y observar los resultados como se puede observar en 1.2.1.2. Aún así, se puede decir que la utilización de herramientas matemáticas que apoyen la planificación metodológica en materias donde la tasa de aprobados no es muy alta, constituye una importante vía para realizar un seguimiento personalizado de los alumnos que permita elevar sus posibilidades de éxito.

Sin embargo, al realizar un análisis de algunos casos específicos que implementan estas metodologías mediante una aplicación, se ha observado que gracias a la utilización de las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación) se facilita enormemente el uso de las técnicas citadas anteriormente. La diferencia entre la utilización de una aplicación específica que ayude a la realización de estas tareas frente a su realización de manera manual o a través de diferentes programas informáticos hace que no solo sea más

cómoda y usable sino también más fiable, ya que siempre es posible que se cometan errores al realizarlo de manera manual o se arrastren algunos fallos al ir cambiando de un programa informático a otro.

Estas aplicaciones analizadas *Grade Foresser* 1.2.2.1 y *BigMark* 1.2.2.2, a pesar de que se asemejan a la herramienta que se va a desarrollar en este TFG, presentan una serie de importantes desventajas que se enumeran a continuación:

- La herramienta *Grade Foresser* esta desarrollada en *JAVA* y a pesar de que este lenguaje es multiplataforma, no es sencillo en algunos dispositivos desplegar la herramienta. Sin embargo, una herramienta implementada a través de una aplicación web resolvería este problema, como sí que hace la herramienta *BigMark*.
- Ambas herramientas solo realizan una estimación de la nota final del alumno y aunque esto puede parecer suficiente, sería muy interesante poder predecir los resultados de futuras pruebas que estén relacionadas con las ya realizadas. Ya que, también se podría anticipar un posible fracaso en dichas pruebas futuras.
- En ambas herramientas se realiza la predicción únicamente en base a las notas de años anteriores. No se refleja la relación de las notas que está obteniendo un estudiante con las de su grupo. Esta relación debería ser tenida en cuenta ya que, cada grupo de estudiantes y sus circunstancias son distintos. Por ejemplo: durante un curso académico el profesor no puede asistir regularmente a clase y eso afecta a las notas del grupo, si las predicciones se basaran solo en las notas de cursos pasados no se tendría en cuenta este factor y no se estaría realizando una predicción totalmente acertada.
- Tampoco se está valorando la distancia con respecto a las notas de corte de las pruebas que componen una asignatura a la hora de realizar las predicciones (un alumno que obtenga notas excelentes debe tener más probabilidad de aprobar la asignatura que uno que supera las pruebas con una nota cercana a la nota de corte). Aunque ambas herramientas intentan implementar algo similar mediante la división de los alumnos según en el rango de la nota obtenida por el alumno, no es exactamente lo mismo, y de hecho, las predicciones de la herramienta *GradeForesser* utilizando este criterio tuvieron un menor porcentaje de acierto.

Es por ello que la herramienta que se va a desarrollar durante este TFG, tiene un gran valor que la diferencia de otras aquí analizadas. Además de solucionar las deficiencias ya mencionadas que presentan las otras herramientas, englobará todo el proceso de monitorización del estudiante, desde la carga de notas a la presentación de los resultados pasando por la obtención de patrones y análisis de la información.

Se realizará mediante una aplicación web, lo cual facilita enormemente su inclusión por parte de los profesores así como su uso desde diferentes dispositivos. Con esta herramienta los docentes podrán incorporar a su metodología un poderoso instrumento que les ayude a realizar un seguimiento personalizado de los estudiantes de la manera más óptima posible, con el fin de acabar de la manera más rápida y sencilla con el fracaso académico.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

- **Capítulo 1. Motivación del trabajo.**

En este capítulo se ha expuesto el tema a tratar en el presente TFG y sus motivaciones, algunos estudios previos sobre el estado de la cuestión, así como la estructura que se va a seguir para elaborar este documento.

- **Capítulo 2. Objetivos.**

En el segundo capítulo se presentan el objetivo que se quieren alcanzar con la elaboración de este TFG y los subobjetivos que se deben ir cumpliendo para su consecución así como una explicación de cada uno de ellos. También se explicarán las capacidades y conocimientos que se desean adquirir con su desarrollo englobados como objetivos docentes.

- **Capítulo 3. Metodología de trabajo**

. En este capítulo se expone la metodología de trabajo que se ha seguido durante el desarrollo del proyecto así como las herramientas que se han empleado para ello.

- **Capítulo 5. Resultados**

En el quinto capítulo se presentarán los resultados obtenidos por la utilización de nuestra herramienta y se incluirán los modelos y/o diagramas que el autor considere más relevantes.

- **Capítulo 6. Conclusiones**

En este capítulo se exponen las principales conclusiones extraídas tras la realización de este TFG, tanto técnicamente (utilidad y funcionalidad de la herramienta, fiabilidad de resultados, etc.) como aquellas que ha sacado el autor en el ámbito personal durante la realización del proyecto así como las competencias que este ha completado o desarrollado durante el desarrollo de este TFG y su relación con la tecnología específica a la cual pertenece.

También se expondrán una serie de propuestas de posibles mejoras de la misma de cara a un trabajo futuro.

OBJETIVOS

En este capítulo se describe el objetivo principal así como los subobjetivos de este TFG. Se desglosarán también los objetivos docentes que se pretenden cumplir durante la realización de este proyecto y que complementarán los conocimientos y habilidades obtenidos y desarrollados durante el estudio del grado.

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.

El objetivo principal de la realización de este TFG es el **diseño de una metodología para la monitorización de la evolución de los estudiantes en una asignatura y la detección temprana de posibles fracasos académicos.**

Esta monitorización se realizará a nivel interno de la asignatura y se llevará a cabo de manera automática en base a los resultados que obtengan los estudiantes a medida que se vayan realizando las diferentes pruebas que la componen, facilitando el seguimiento individualizado de los estudiantes, y permitiendo realizar una estimación de los futuros resultados de los estudiantes en base a experiencias pasadas. Estos datos y estimaciones se representarán gráficamente para mejorar su comprensión e interpretación por parte del profesorado.

La motivación para la realización de este proyecto surge como respuesta a la dificultad que tienen los profesores para hacer un seguimiento a sus alumnos de una manera individualizada en grupos numerosos de alumnos.

Para conseguir realizar con éxito este objetivo, se ha desglosado el diseño de esta metodología en una serie de objetivos parciales de los que hablaremos a continuación.

2.2 SUBOBJETIVOS.

2.2.1 Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas.

Como se ha explicado anteriormente en la sección (1.1), suelen existir patrones que identifican la evolución de los alumnos; el objetivo de este apartado es la creación de un modelo formal que permita calcular el factor de riesgo que tiene un determinado alumno de no superar la asignatura. Además, también permitirá conocer el riesgo de no superar pruebas futuras que estén relacionadas con las ya celebradas.

Este modelo será evolutivo de acuerdo a la celebración de nuevas pruebas, es decir, no será necesario tener todas las calificaciones de todas las pruebas para calcular el valor de riesgo. En otras palabras, el modelo actualiza el riesgo de suspenso de cada estudiante a medida que se vayan celebrando nuevas pruebas.

2.2.2 Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo.

Con la intención de mejorar el acceso y la comodidad de los usuarios a los que va dirigida, de manera que estos puedan realizar un seguimiento óptimo de los estudiantes desde cualquier dispositivo, el *software* que se desarrollará contará con una Interfaz Web que permita a los profesores acceder a la aplicación desde su *Smartphone*, *Tablet* u ordenador personal facilitando la adopción e incorporación de esta herramienta al ámbito docente.

Este sistema se encargará de todo el proceso que englobará la utilización de la herramienta, desde la carga de archivos correspondientes a datos de años anteriores y la introducción de las calificaciones de una manera sencilla hasta la aplicación del modelo formal y la presentación de resultados.

Uno de los elementos más importantes de esta herramienta es el módulo que permitirá la importación de los datos de los estudiantes de cursos anteriores para poder obtener una base de conocimiento desde la que aplicar nuestro modelo. Con este módulo se obtendrá la capacidad de importar a nuestro sistema los resultados de pruebas, test, y exámenes de alumnos que hayan cursado una asignatura anteriormente.

Para incluir estos datos en el sistema, la herramienta deberá cargar automáticamente archivos procedentes de aplicaciones de hojas de cálculo *Microsoft Excel*. Este proceso automático contribuye también a facilitar su uso por parte del profesorado ya que sería muy tedioso incluir todos estos datos manualmente.

Este conjunto de datos quedará almacenado de forma permanente en el sistema. Para ello, se ha diseñado e implementado una base de datos relacional [17] que será utilizada por la herramienta web para acceder a dicha información.

Una vez se haya analizado y utilizado esta información para lo ya citado en los apartados anteriores, el sistema web presentará la información buscando la claridad y la sencillez, presentando los resultados mediante la utilización de tablas y gráficos que faciliten su comprensión.

El sistema web buscará ser lo más usable posible, basándose en los principios descritos en [13]. Tendrá un diseño centrado en el usuario, fomentando que éste se centre en la realización de su tarea de la manera más eficaz posible sin desviar su atención en averiguar cómo funciona la aplicación. Además, la interfaz tratará de ser lo más sencilla e intuitiva posible para evitar que resulte incómoda a aquellos usuarios que no sean muy experimentados en el mundo de las tecnologías.

La aplicación se desarrollará bajo un diseño adaptable o *responsive* que haga que se adapte a los diferentes dispositivos desde los que se utilice y cumpla los principios de usabilidad específicos de cada uno de ellos [12].

2.3 OBJETIVOS DOCENTES.

Para terminar este capítulo se va a presentar una serie de objetivos centrados en el ámbito académico que se pretenden satisfacer durante el desarrollo del presente TFG. El cumplimiento de dichos objetivos será muy enriquecedor a nivel personal, ya que además de permitirme contribuir en la búsqueda de una solución para hacer frente a la problemática anteriormente descrita, profundizará mis conocimientos sobre el desarrollo de aplicaciones web, que se trata de un campo con mucho futuro y al cual me gustaría dedicarme en mi vida laboral.

- Profundizar en los conocimientos matemáticos y estadísticos que serán necesarios para la elaboración del modelo formal requerido en este proyecto.
- Adquirir conocimientos de Sistemas Gestores de Bases de Datos para almacenar y gestionar la información necesaria de la forma más adecuada.

- Reforzar los conocimientos adquiridos en la asignatura **Tecnologías y Sistemas Web** sobre los lenguajes o tecnologías idóneas para el desarrollo web como *HTML5* y *CSS* [4], *JavaScript* [5] o *Bootstrap* [9] del lado del cliente y *JSP* y *JAVA* por el lado del servidor [19].
- Aplicar sobre la solución a una problemática real los conceptos aprendidos en la asignatura **Interacción Persona-Ordenador II**, como son el diseño centrado en el usuario, la usabilidad web o la accesibilidad.
- Aprender a usar librerías que faciliten la visualización de datos en aplicaciones web como *Amcharts* [22], o aquellas que nos permitan importar documentos exportados de aplicaciones de hojas de cálculo de *Microsoft Excel* como *Apache-POI* [25] al lenguaje Java.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 ESTRATEGIA GENERAL

El proyecto está planificado para ejecutarse en **450 horas** y está estructurado en **tres paquetes de trabajo**: i) uno de ellos asociado al diseño del modelo formal para el cálculo del factor de riesgo, ii) uno que englobará todo el diseño de la herramienta y la implementación del modelo diseñado en el apartado anterior y iii) otro que tratará sobre la elaboración de la documentación correspondiente a todo el proceso.

El progreso tecnológico, paquetes 1 y 2 del proyecto, se integrará durante la etapa de desarrollo. Dicha integración servirá para generar un prototipo experimental que aplique el modelo formal definido y calcule el factor de riesgo de los alumnos a la hora de suspender una asignatura, a partir de los patrones definidos en función de experiencias previas aprendidas.

En las pruebas realizadas se garantizará en cualquier caso el derecho a la privacidad y a la protección de datos de carácter personal. Por lo que los datos personales de los alumnos cuyas notas son utilizadas por el sistema para aprender, serán codificados.

La coordinación del proyecto entre autor y director se materializará mediante reuniones presenciales y periódicas, tomando como referencia la lista de hitos definidos para monitorizar el nivel de progresión del proyecto. Además, se hará uso de herramientas de trabajo colaborativo para facilitar dicha coordinación.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PAQUETES DE TRABAJO Y TAREAS

El proyecto está dividido en tres paquetes de trabajo y, cada uno de ellos a su vez, en varias tareas. Los paquetes de trabajo son:

- **Paquete de trabajo 1 (PT1)**. Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas.
- **Paquete de trabajo 2 (PT2)**. Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo formal.
- **Paquete de trabajo 3 (PT3)**. Elaboración de la memoria correspondiente al proyecto.

A continuación, se describirá con detalle el contenido de cada uno de estos paquetes así como de las tareas que los componen.

3.2.1 PT1. Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas.

Este paquete de trabajo es responsable de la parte aritmética del proyecto, cubriendo el diseño, el desarrollo y la validación del modelo formal que, integrado en la herramienta web, será el núcleo de este

proyecto.

El **PT1** está compuesto por las siguientes tareas:

- **Tarea 1 (T1.1).** Preparación de los datos de los que aprenderá el modelo.
- **Tarea 2 (1.2).** Formalización del modelo.
- **Tarea 3 (T1.3).** Prueba y análisis del modelo.

3.2.1.1 T1.1. Preparación de los datos de los que aprenderá el modelo.

Esta tarea está concebida para la recopilación y preparación de los datos de los que aprenderá el modelo. Estos datos se obtienen de los estudiantes de la asignatura de informática de los Grados de Ingeniería Industrial e Ingeniería Minera, impartidos en la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén y se almacenarán en una hoja de cálculo.

3.2.1.2 T1.2. Formalización del modelo.

Esta tarea aborda el diseño y construcción del modelo formal que será el responsable de calcular el factor de riesgo asociado a un alumno en base a experiencias pasadas.

3.2.1.3 T1.3. Prueba y análisis del modelo.

Esta tarea está diseñada para probar el funcionamiento del modelo y analizar su comportamiento y resultados. Para ello se utilizarán las notas del curso 2016-2017, que fueron las últimas calificaciones obtenidas, como si del curso actual se tratase.

3.2.2 PT2. Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo formal.

Este paquete de trabajo tiene como responsabilidad el diseño y desarrollo de un sistema web que implemente el modelo formal definido en el paquete PT1, proporcionando el factor de riesgo calculado por el modelo, y facilite al usuario el seguimiento y control de su grupo de alumnos.

Dicha aplicación englobará todo el proceso necesario. Desde la carga de los datos de los que aprenderá el modelo hasta la visualización de los resultados de una forma clara y sencilla mediante la utilización de gráficos, pasando por la creación de nuevos alumnos y la declaración de sus calificaciones en las distintas pruebas que componen la asignatura.

El **PT2** se compone de las siguientes tareas:

- **Tarea 1 (T2.1).** Diseño de la interfaz de usuario.
- **Tarea 2 (T2.2).** Diseño de la base de datos relacional.
- **Tarea 3 (T2.3).** Diseño e implementación de la interfaz de comunicación entre el sistema y el SGBD.
- **Tarea 4 (T2.4).** Diseño e implementación del módulo de importación de datos y carga en la base de datos.
- **Tarea 5 (T2.5).** Implementación del modelo formal.
- **Tarea 6 (T2.6).** Diseño de la capa de presentación. Implementación de la interfaz web para la interacción del usuario con el sistema.
- **Tarea 7 (T2.7).** Pruebas y evaluación del sistema.

3.2.2.1 T2.1. Diseño de la interfaz de usuario.

Esta tarea se focaliza en el diseño de la interfaz de usuario mediante maquetas o *Mock-ups* que permiten hacerse una idea aproximada de como será esta interfaz una vez implementada. Este diseño se realizará teniendo en cuenta los patrones de usabilidad [13] para lograr la mejor experiencia de usuario que sea posible.

3.2.2.2 T2.2. Diseño de la base de datos relacional.

Esta tarea esta concebida para diseñar e implementar la base de datos relacional que se utilizará como almacenamiento persistente del conjunto de datos con los que trabajará la herramienta web. Este diseño será escalable, haciendo posible la incorporación de nuevas asignaturas al sistema en el caso de que se desee hacerlo en un futuro.

3.2.2.3 T2.3. Diseño e implementación de la interfaz de comunicación entre el sistema y el SGBD.

Esta tarea sirve para especificar los mecanismos y protocolos mediante los cuales la herramienta web se conectará e interactuará con el SGBD para acceder a la información almacenada en él.

3.2.2.4 T2.4. Diseño e implementación del módulo de importación de datos y carga en la base de datos.

Esta tarea aborda la creación del módulo de importación de datos de nuestra herramienta web, que permitirá almacenar en la base de datos la información referente a la configuración interna de una determinada asignatura, así como las datos de experiencias previas de las que aprenderá el modelo formal.

3.2.2.5 T2.5. Implementación del modelo formal.

Esta tarea persigue la integración del modelo formal generado en el PT1 en el sistema web. Esto dotará a la herramienta de la funcionalidad para la que inicialmente fue ideada.

3.2.2.6 T2.6. Diseño de la capa de presentación. Implementación de la interfaz web para la interacción del usuario con el sistema.

Esta tarea está orientada a la implementación de la interfaz gráfica del sistema web, haciendo especial hincapié en la representación gráfica de datos y resultados, ya que esto se considera clave para dicho propósito.

3.2.2.7 T2.7. Pruebas y evaluación del sistema.

Esta tarea trata de comprobar la robustez del sistema y de demostrar el correcto funcionamiento del mismo. Se realizará a través de diferentes pruebas o test mediante los cuales se pondrán a prueba las distintas funcionalidades de la herramienta. También se realizará un test para evaluar la experiencia que han tenido diferentes usuarios que han podido probar la herramienta durante su desarrollo.

3.2.3 PT3. Elaboración de la memoria correspondiente al proyecto.

Este paquete de trabajo tiene como objetivo la creación de la documentación referente al proyecto. Para ello se ha utilizado el sistema de composición de textos \LaTeX , primero a través del IDE (*Integrated Development Environment*) **TeXStudio** [27] y más tarde mediante la herramienta *online* **Overleaf** [20].

- **Tarea 1 (T3.1).** Capítulo 1 Motivación del trabajo
- **Tarea 2 (T3.2).** Capítulo 2 Objetivos.
- **Tarea 3 (T3.3).** Capítulo 3 Metodología de trabajo.
- **Tarea 4 (T3.4).** Capítulo 4 Resultados.
- **Tarea 5 (T3.5).** Capítulo 5 Conclusiones.
- **Tarea 6 (T3.6).** Anexos y Bibliografía.

3.2.4 Relación entre objetivos y paquetes de trabajo.

La siguiente Tabla (3.1) muestra la relación entre la organización del proyecto en diferentes paquetes de trabajo y su relación con los subobjetivos planteados al inicio del proyecto (véase Sección 2). A través de la consecución de estos paquetes, se alcanzarán dichos objetivos y finalizándose así el desarrollo del proyecto.

OBJETIVO	PAQUETE
OBJ1	PT1, PT3 (1)
OBJ2	PT2, PT3 (2)

Tabla 3.1: Correspondencia entre objetivos y paquetes.

La elaboración de la memoria definida en el PT3 se realizará de forma simultánea al desarrollo de los paquetes PT1 y PT2, documentando cada uno de ellos paralelamente a su realización. Además, dicha documentación contará con un manual de usuario que también incorporará el sistema web y que ayudará en su utilización a los usuarios que no estén muy familiarizados con este tipo de herramientas.

3.2.5 Planificación temporal del proyecto.

A continuación se presenta la planificación temporal del proyecto partiendo de la organización de paquetes de trabajo y tareas que se ha realizado anteriormente.

Como se puede observar en la imagen Fig.(3.1), los diferentes paquetes y tareas tienen una dependencia fin a comienzo, es decir, hasta que no se ha terminado una tarea no se puede empezar con la siguiente. Se ha planteado de este modo porque debido a las características de este proyecto en el cual cada tarea depende de la anterior, es difícil paralelizar las tareas, ya que es necesaria su realización en este orden secuencial.

Sin embargo, la tarea que se encarga de la implementación de la interfaz web (T2.6.) se ha desarrollado en paralelo al resto de tareas de su paquete de trabajo (PT2). Esto se debe a la necesidad de ir integrando de manera gradual todas las funcionalidades de la herramienta con la interfaz de usuario.

Lo mismo sucede con el paquete de trabajo PT3, encargado de la elaboración de la memoria del proyecto, que como se ha explicado antes, se realizará de forma paralela al desarrollo de los otros 2 paquetes PT1 y PT2.

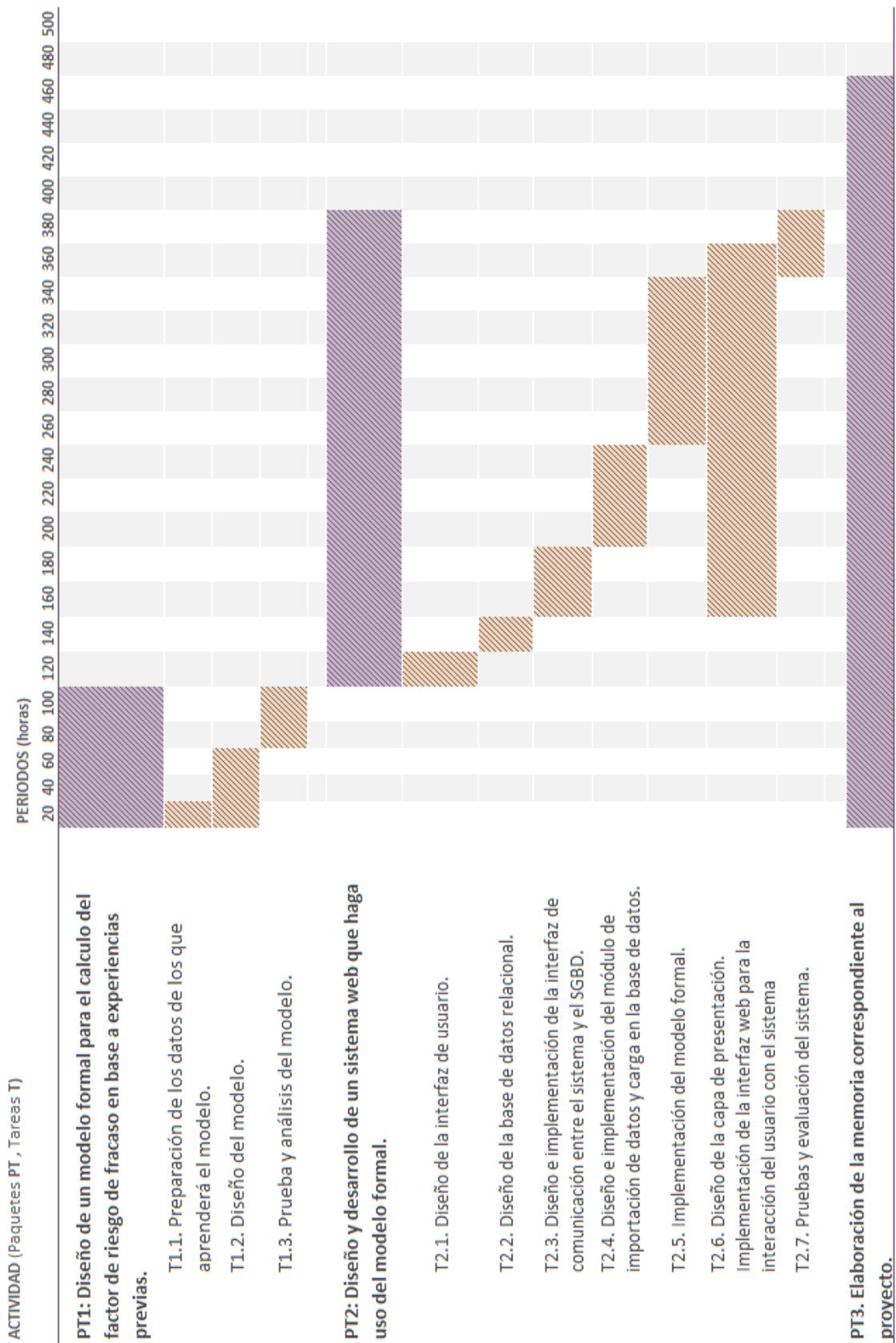


Figura 3.1: Diagrama de Gantt de la planificación temporal del proyecto dividido en paquetes y tareas.

3.3 METODOLOGÍA

En este apartado se detalla la metodología de trabajo que se ha seguido durante el desarrollo de este TFG. Esta metodología está basada en un desarrollo iterativo e incremental y fue adoptada tras la primera reunión sobre el proyecto, al considerarla ambas partes (director y estudiante) como la más adecuada para la realización de este TFG.

3.3.1 Desarrollo iterativo e incremental.

Este modo de desarrollar *software*, que surgió en respuesta a las debilidades que presentaba el tradicional modelo en cascada, enfoca la realización del proyecto como una secuencia de pasos no lineales, haciendo que cada poco tiempo se tengan versiones del producto final. En cada iteración se corrigen fallos de entregas anteriores y se añade una nueva funcionalidad, aumentando la calidad del producto final. En la Fig.3.2 se observa el ciclo de vida de esta metodología de desarrollo. Más adelante, en la Sección 3.3.2 se explica como se ha adaptado esta metodología a la estructura de este proyecto.

Así el proyecto se dividirá en fases, y una fase no puede comenzar hasta que haya terminado la fase anterior. Dichas fases serán de corta duración (de una a cuatro semanas, a lo sumo), con entrega de *software* funcional y que aporta valor, con lo que se conseguirá mantener un entorno motivado durante todo el desarrollo del proyecto.

A la hora de implementar esta metodología, se planificará el proyecto a desarrollar en distintos bloques temporales denominados iteraciones. En cada iteración se repite un determinado proceso de trabajo con el que se obtiene un resultado más completo del producto final. Gracias a esto los desarrolladores pueden aprovechar lo aprendido durante el desarrollo las diferentes partes o de versiones anteriores del sistema. Aprendiendo tanto del desarrollo del sistema como de su uso.

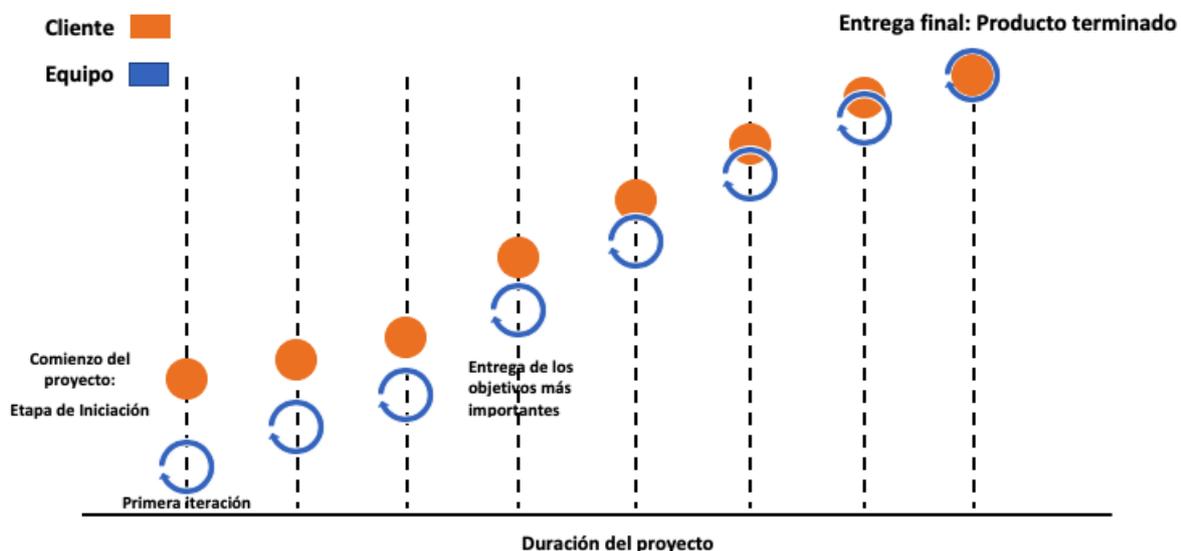


Figura 3.2: Ejemplo de ciclo de vida de un desarrollo iterativo e incremental.

3.3.2 Implantación de la metodología en el proyecto.

Para integrar esta metodología de desarrollo en nuestro proyecto de la mejor manera posible, se ha adaptado para convertirla en una metodología modular e incremental. Es decir, cada uno de los módulos o paquetes de trabajo (PT) definidos anteriormente, se desarrollará de manera independiente y tendrá sus propias iteraciones.

A continuación, se muestran una serie de tablas en las que se detallan las iteraciones definidas para cada uno de los diferentes paquetes de trabajo. Como se puede observar, normalmente cada iteración se corresponde a una de las tareas del paquete.

Para el paquete de trabajo correspondiente al diseño, desarrollo y prueba del modelo formal (PT1), al resultar la T1.1. (Preparación de los datos de los que aprenderá el modelo) muy corta para desarrollarse a lo largo de una sola iteración, se ha decidido incorporar parte del desarrollo de la T1.2 (Diseño del modelo) dentro de la misma iteración. Gracias a esto, se alivia la carga de trabajo a realizar en la siguiente iteración, ya que la T1.2. es una de las más complejas del proyecto.

PT1	
TAREA	ITERACIÓN
T1.1. / T1.2. (1)	Iteración 1
T1.2. (2)	Iteración 2
T1.3.	Iteración 3

Tabla 3.2: Correspondencia entre tareas e iteraciones del PT1.

Para el paquete de trabajo en el que se diseña y desarrolla la herramienta web que conforma el proyecto (PT2), se desarrollará en cada iteración la parte proporcional de la Tarea T2.5. (Diseño de la capa de presentación) que corresponda a la otra tarea englobada en dicha iteración. Esto se debe a la decisión de desarrollar la tarea T2.5. de manera paralela a las otras tareas que implican la construcción del sistema web para hacer frente a la necesidad de ir integrando las diferentes funcionalidades de la herramienta con la interfaz de usuario.

PT2	
TAREA	ITERACIÓN
T2.1.	Iteración 4
T2.2.	Iteración 5
T2.3. / T2.6.(1)	Iteración 6
T2.4. / T2.6.(2)	Iteración 7
T2.5. / T2.6.(3)	Iteración 8
T2.7.	Iteración 9

Tabla 3.3: Correspondencia entre tareas e iteraciones del PT2.

Para el paquete de trabajo referido a la creación de la documentación del proyecto (PT3), al no haberse desglosado anteriormente en diferentes tareas para evitar una posible redundancia de información, se ha decidido asignar las iteraciones en función de los capítulos que componen la memoria. Al igual que sucede con las tareas del PT1, aquí también se ha decidido agrupar los capítulos que presentan menor carga de trabajo en la misma iteración para reducir el número de estas, agilizando la creación del documento.

3.4 PLAN DE ITERACIONES.

Una vez que se han definido los paquetes de trabajo que se van a desarrollar en cada iteración, se va a abordar más específicamente los objetivos que se han planteado alcanzar en cada una y si se han cumplido de manera exitosa. También se detalla la fecha de inicio y fin de cada iteración así como el número de horas que se han dedicado a cada una de ellas.

Siguiente la metodología iterativa e incremental, cada iteración debe ofrecer siempre una versión funcional, que debe incluir pruebas y documentación. Para ello, cada iteración se divide en las siguientes etapas que

PT3	
TAREA	ITERACIÓN
Motivación y Objetivos	Iteración 10
Metodología	Iteración 11
Resultados	Iteración 12
Conclusiones	Iteración 13
Anexos y bibliografía	Iteración 14

Tabla 3.4: Correspondencia entre tareas e iteraciones del PT3.

se observan en la Fig.3.3.

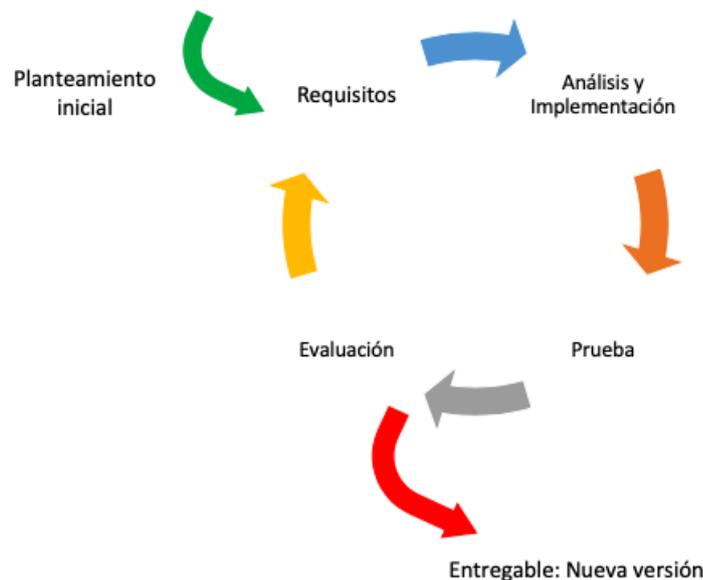


Figura 3.3: Estructura de una iteración del modelo iterativo e incremental.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada iteración, así como una tabla resumen de cada una de ellas. Más adelante, en la Sección 4 se describe detalladamente todas las tareas y procesos que se han realizado en dichas iteraciones.

3.4.1 Iteración 0.

Esta iteración "0" o iteración inicial, se realiza como toma de contacto con el proyecto, por lo que no forma parte de ningún paquete de trabajo y no se representa en el diagrama de *Gantt* que muestra la planificación temporal del proyecto en función de dichos paquetes (Fig.3.1).

En esta iteración inicial, se realizarán las primeras consultas a la bibliografía y reuniones con el director del proyecto para conocer a fondo todas las tareas y detalles que componen el proyecto, así como la dimensión general de éste. Además, es necesario definir la metodología que se va a seguir durante el desarrollo del mismo. En la Tabla 3.5 se puede ver un resumen con los datos más relevantes de esta iteración.

3.4.2 Iteración 1.

En esta iteración se empieza con la construcción del PT1, el primero de los paquetes de trabajo que componen el proyecto. Para empezar con el desarrollo de iteración es un requisito fundamental, haber

Iteración 0			
Nombre:		Fase Inicial	
Fecha Inicio:	20/04/18	Fecha Fin:	10/05/18
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Definir la estructura del modelo formal ✓ • Análisis de requisitos de la herramienta ✓ • Definir de la metodología de trabajo ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	30

Tabla 3.5: Descripción de la iteración 0.

definido la estructura del modelo formal que se propuso como objetivo en la fase inicial del proyecto, ya que sin esto no se puede empezar a trabajar en el modelo.

Tiene como objetivo la elaboración de las tareas T1.1 y T1.2, esta última de manera parcial. La Tarea T1.1 tiene como objetivo la preparación de los datos de los que aprenderá el modelo. Mientras que, en la parte a desarrollar de la segunda Tarea T1.2(1) se abordarán la definición de los dos primeros elementos que componen el factor de riesgo de un alumno: *Desviación media del alumno respecto a la nota de corte* y *Desviación media del alumno respecto a la media del resto de alumnos*. En la Tabla 3.6 se puede observar un resumen de esta iteración.

Iteración 1			
Nombre:		Preparación de los datos y comienzo del diseño del modelo.	
Fecha Inicio:	11/05/18	Fecha Fin:	15/06/18
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de los datos ✓ • Definición de la desviación frente a la nota de corte ✓ • Definición de la desviación frente a la media de los alumnos ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	25

Tabla 3.6: Descripción de la iteración 1.

3.4.3 Iteración 2

Esta segunda iteración tiene como objetivo completar la segunda parte de la Tarea T1.2.(2), que consiste en formalizar las operaciones restantes que proporcionan el factor de riesgo asociado a un alumno. Entre estos cálculos se distinguen *Probabilidad de un alumno de superar la asignatura* y el cálculo final del *Grado de alerta* que tiene un estudiante.

Este grado de alerta, como se detalla más adelante en la Sección 4, se obtiene a partir de las operaciones definidas en la **iteración 1** además del cálculo de probabilidad del que ya se ha hablado. Por lo que se define como requisito obligatorio para llevar a cabo esta iteración, el haber completado con éxito los objetivos propuestos en la iteración previa.

Además, durante el desarrollo de esta iteración también se formalizarán en el modelo las operaciones necesarias para calcular la probabilidad de aprobar una o más pruebas de la asignatura que estén relacionadas con las pruebas ya realizadas. En la Tabla 3.7 se observa la planificación de esta iteración.

Iteración 2			
Nombre:		Fin del diseño del modelo	
Fecha Inicio:	16/06/18	Fecha Fin:	25/07/18
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> Definición de la probabilidad de aprobar la asignatura ✓ Definición de la probabilidad de superar futuras pruebas relacionadas en base a las ya realizadas ✓ Definición del grado de alerta del alumno ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	30

Tabla 3.7: Descripción de la iteración 2.

3.4.4 Iteración 3.

Durante el desarrollo de esta iteración se va a llevar a cabo al Tarea T1.3, la última del primer paquete de trabajo PT1, que consiste en realizar las pruebas del modelo definido en las dos iteraciones anteriores. Como datos para realizar estas pruebas, se van a utilizar los preparados en la **iteración 1**.

El requisito necesario para la realización de esta iteración es haber completado los objetivos propuestos en las iteraciones anteriores. Ya que como su objetivo principal es realizar pruebas sobre lo que se ha implementado durante las iteraciones anteriores, se hace obligatorio el haberlas terminado completamente antes de afrontar esta tarea. Posteriormente, se va a realizar un análisis de los resultados obtenidos a partir del cual se van a destacar los principales puntos fuertes en los que destaca el modelo formal utilizado en este proyecto.

En la Tabla 3.8 se detalla como se planifica esta iteración.

Iteración 3			
Nombre:		Prueba y análisis del modelo	
Fecha Inicio:	26/07/18	Fecha Fin:	10/09/18
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> Prueba y análisis del modelo ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	45

Tabla 3.8: Descripción de la iteración 3.

3.4.5 Iteración 4.

Una vez finalizadas las diferentes tareas del paquete de trabajo PT1, centradas en el diseño y pruebas del modelo formal, se empieza con el desarrollo del paquete de trabajo PT2, que trata de la implementación de la herramienta que integrará dicho modelo.

En esta iteración se va a diseñar un prototipo de la interfaz de usuario a través de bocetos, utilizando una herramienta específica para ello. Esto se engloba dentro de la Tarea T2.1. En la Tabla 3.9 se muestra un resumen de esta iteración.

Iteración 4			
Nombre:		Diseño de la base de datos relacional	
Fecha Inicio:	11/09/18	Fecha Fin:	17/09/18
Objetivos alcanzados:		• Diseño de la interfaz de usuario ✓	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	15

Tabla 3.9: Descripción de la iteración 4.

3.4.6 Iteración 5.

En esta iteración se va a realizar la Tarea T2.2 que se corresponde con el diseño y la creación de la base de datos relacional, así como la configuración del *software* necesario para ello. En la Tabla 3.10 se observa la planificación de esta iteración.

Iteración 5			
Nombre:		Diseño de la base de datos relacional	
Fecha Inicio:	18/09/18	Fecha Fin:	09/10/18
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la base de datos ✓ • Instalación de herramientas e implementación de la base de datos ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	25

Tabla 3.10: Descripción de la iteración 5.

3.4.7 Iteración 6.

Una vez completados los requisitos previos necesarios para la elaboración de esta iteración (completar los objetivos definidos en la iteración 5), se puede empezar con su desarrollo, en el cual se van a realizar las distintas subtareas que componen a la Tarea T2.3.

Además de lo que se define en T2.3., durante esta iteración también se va a implementar todo lo referente a la gestión de usuarios de la herramienta. Paralelamente, también se va desarrollando la parte correspondiente de la Tarea T2.6(1), que equivale a la implementación de las interfaces gráficas necesarias para estas tareas.

En la Tabla 3.11 se puede observar un resumen de esta iteración.

3.4.8 Iteración 7.

En esta iteración se aborda el desarrollo de la Tarea T2.4. y la parte correspondiente de la Tarea T2.6.(2), ambas pertenecientes al paquete de trabajo PT2. La Tarea T2.4. trata del diseño y la implementación de un módulo de importación y carga de datos en la base de datos. Estos datos que deben ser importados se dividen en dos ramas: un fichero de configuración con todos los datos de una asignatura y sus pruebas y un fichero con el histórico de notas de esa asignatura.

El requisito fundamental para poder realizar esta iteración se resume en haber completado con éxito los objetivos planteados en las iteraciones 5 y 6, sin los cuales resulta imposible abordar la realización de las tareas asignadas a esta iteración. En la Tabla 3.12 se detalla como se planifica esta iteración.

Iteración 6			
Nombre:		Diseño e implementación de la interfaz de comunicación entre el sistema y el SGBD	
Fecha Inicio:	10/10/18	Fecha Fin:	15/11/18
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la interfaz de comunicación entre el sistema y el SGBD ✓ • Gestión de usuarios ✓ • Interfaces gráficas para la gestión de usuarios ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	35

Tabla 3.11: Descripción de la iteración 6.

Iteración 7			
Nombre:		Diseño e implementación del módulo de importación de datos y carga en BD	
Fecha Inicio:	16/11/2018	Fecha Fin:	14/01/19
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Carga de fichero de configuración de asignatura ✓ • Carga del histórico de calificaciones de la asignatura ✓ • Interfaces gráficas para la carga de ficheros ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	45

Tabla 3.12: Descripción de la iteración 7.

3.4.9 Iteración 8.

En esta iteración se integra el modelo formal definido en las iteraciones 1 y 2 en la herramienta. Además de éstas, es necesario haber cumplido los objetivos de la iteración 7 para poder llevar a cabo esta tarea. Este proceso se define en la Tarea T2.5.

Durante la duración de esta iteración, también se implementarán los procedimientos necesarios para llevar a cabo las tareas que permiten la gestión de los alumnos y se elaborarán gráficos que muestren los resultados. Además, para que el usuario pueda visualizar e interactuar con todos estos elementos, de la misma manera que en iteraciones anteriores, se implementarán las interfaces gráficas necesarias, cuyo desarrollo pertenece a la Tarea T2.6.(3).

En la Tabla 3.13 se observa la planificación de esta iteración.

3.4.10 Iteración 9.

En esta última iteración, se da por finalizada la construcción del paquete de trabajo PT2 con las pruebas y evaluación del sistema. Para llevarlas a cabo es necesario que se hayan finalizado todos los objetivos definidos en anteriores iteraciones. Además se va a realizar una serie de test a los usuarios para conocer cómo ha sido su experiencia al interactuar con la herramienta.

En la Tabla 3.14 se puede observar un resumen de esta iteración.

Iteración 8			
Nombre:		Implementación del modelo formal	
Fecha Inicio:	15/01/19	Fecha Fin:	04/04/19
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Implementación del modelo formal ✓ • Gestión de alumnos ✓ • Visualización de resultados mediante gráficos ✓ • Interfaces gráficas para la gestión de alumnos y la visualización de gráficos ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	90

Tabla 3.13: Descripción de la iteración 8.

Iteración 9			
Nombre:		Implementación del modelo formal	
Fecha Inicio:	05/04/19	Fecha Fin:	15/05/19
Objetivos alcanzados:		<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas y evaluación del sistema ✓ • Test de usuarios ✓ 	
Autor:	Francisco López Navarro	Horas dedicadas:	40

Tabla 3.14: Descripción de la iteración 9.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

En esta sección se describirá la aplicación del método de trabajo presentado en el capítulo 3 en este caso concreto, mostrando los elementos (modelos, diagramas, especificaciones, etc.) más importantes.

4.1 ITERACIÓN 0. FASE DE INICIO.

Antes de comenzar con la construcción de los diferentes paquetes de trabajo, se ha llevado a cabo una primera toma de contacto con el proyecto. Esta fase inicial estuvo compuesta de varias tareas como reuniones con el director del proyecto, primeras consultas a la bibliografía, etc, que están destinadas a obtener una idea lo más completa posible de la dimensión general del proyecto.

Estas primeras reuniones tienen como fin definir la estructura del modelo formal, analizar los requisitos y funcionalidades de la herramienta que implementa dicho modelo, así como la metodología de trabajo que se utilizó durante el desarrollo del presente TFG.

4.1.1 Análisis de requisitos.

Tras analizar los objetivos y funcionalidades que debe cumplir la herramienta, se han definieron los siguientes requisitos:

- **Gestión de usuarios.** Los usuarios del sistema (profesores), deben registrarse la primera vez que utilicen la herramienta. Una vez realizado esto, cada vez que deseen acceder al sistema tienen que identificarse. Así mismo, cuando un usuario no desee utilizar más la herramienta, puede borrar su cuenta, eliminando así toda la información relacionada con él.
- **Configuración de asignaturas.** Como cada asignatura presenta una estructura distinta en cuanto a número de pruebas que la componen y peso de cada una de ellas en la nota final, el sistema debe crear una nueva asignatura con sus respectivas pruebas a partir de un fichero de configuración que será definido por el usuario. Este fichero contiene toda la información relativa a la asignatura como nombre, número de pruebas, peso de cada una de ellas y relaciones entre pruebas en el caso de que existan.
- **Extracción y almacenamiento de experiencias previas.** Se debe extraer y almacenar la información referente a los alumnos que cursaron la asignatura en años anteriores. Esta información es de la que aprende el modelo para predecir posibles resultados futuros. Para ello, se carga en el sistema a partir de hojas de cálculo *Microsoft Excel*. Una vez realizada esta carga, el usuario puede consultar esta información en cualquier momento.
- **Gestión de alumnos del curso actual.** El usuario debe añadir alumnos pertenecientes al curso actual de manera manual. También puede eliminar la información referente a estos alumnos en el

momento que lo desee. Cuando acaba el curso, los datos de estos alumnos deben pasar a formar parte del histórico de la asignatura.

- **Cálculo del factor de riesgo.** La herramienta debe hacer uso del modelo formal para calcular automáticamente el riesgo que tiene un alumno de suspender la asignatura. Estos cálculos se realizan de forma progresiva a la vez que se vayan realizando las diferentes pruebas de la asignatura.
- **Mecanismos de visualización de resultados.** La herramienta debe presentar los resultados de una manera clara y sencilla a través de diferentes mecanismos como tablas y gráficos, con el fin de facilitar su comprensión por parte del usuario.

4.1.2 Modelo de casos de uso

Tras haber determinado los requisitos, se ha llevado a cabo la realización del **diagrama de casos de uso** del sistema.

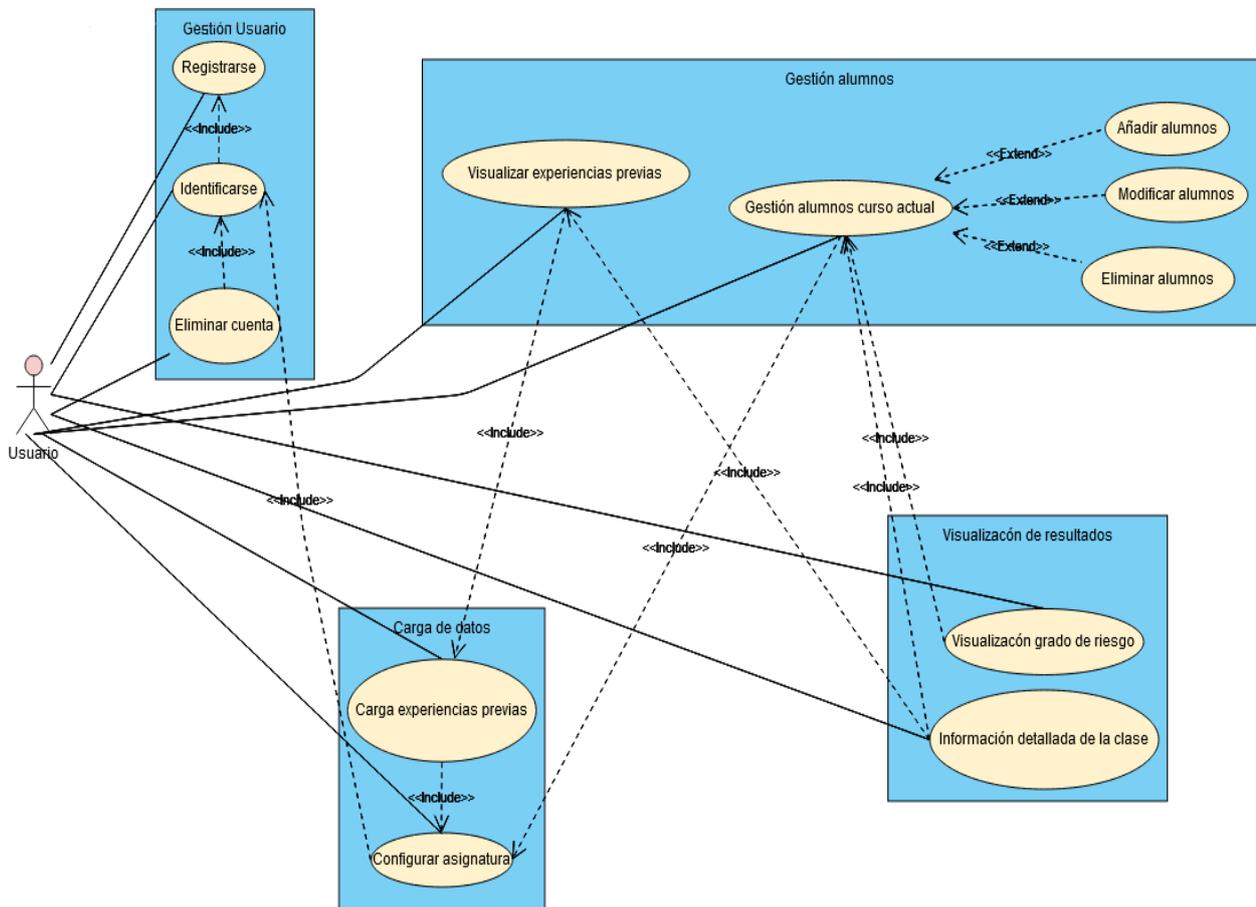


Figura 4.1: Diagrama de casos de uso con las funcionalidades del usuario.

En la Fig.4.1 se muestran, las funcionalidades que puede desempeñar el usuario en esta herramienta. Como se puede observar, estas se dividen en 4 grandes bloques. A continuación, se van a desglosar cada uno de esos bloques y a explicar brevemente en que consiste cada tarea:

- **Gestión de usuario.** En este bloque se agrupan las tareas que están relacionadas con el registro o borrado de la información del usuario en el sistema y el acceso al sistema.
 - **Registrarse:** el usuario debe registrarse para comenzar a utilizar el sistema.

- **Identificarse:** una vez registrado, el usuario debe identificarse para poder entrar a la aplicación y acceder al resto de funcionalidades.
- **Eliminar cuenta:** el usuario puede eliminar su cuenta cuando lo desee.
- Carga de datos. Aquí se agrupan las funcionalidades relativas a la carga de ficheros de datos en el sistema.
 - **Configuración de asignatura:** el usuario debe establecer la configuración de la asignatura que desee introducir al sistema a través de la carga de un archivo de configuración especialmente diseñado para ello.
 - **Carga de experiencias previas:** para introducir en el sistema la información del histórico de calificaciones de la asignatura, el usuario debe hacerlo a través de la carga de una hoja de cálculo que contenga dicha información.
- Gestión de alumnos. En este bloque se encuentran las funcionalidades relacionadas con la visualización, registro y modificación de la información de los alumnos de la asignatura.
 - **Visualización de experiencias previas:** tras haber realizado la carga del histórico de calificaciones de la asignatura, el usuario puede visualizar esta información a través de una tabla especialmente diseñada para ello.
 - **Gestión de alumnos curso actual:** el usuario puede **añadir, modificar** y **eliminar** alumnos pertenecientes al curso actual así como toda su información relacionada (ID y calificaciones).
- Visualización de resultados. Aquí se encuentran las funcionalidades relacionadas con la visualización de los resultados presentados por la herramienta.
 - **Visualización del grado de riesgo:** tras haber introducido los datos del histórico de calificaciones de la asignatura, cada vez que el usuario añade un alumno del curso actual al sistema puede visualizar automáticamente el grado de riesgo de fracasar en la asignatura asociado a ese alumno, que ha sido calculado por el modelo formal integrado en la herramienta.
 - **Información detallada de la clase:** el usuario puede acceder a una sección especialmente dedicada a la visualización de gráficos que facilitan la comprensión de los resultados obtenidos por el modelo y le ayudan a hacer una interpretación global del curso.

4.1.3 Diseño de la arquitectura del sistema.

Para la implementación del sistema propuesto se ha utilizado la arquitectura MVC (Modelo –Vista –Controlador). El patrón MVC es un paradigma que separa los datos y la lógica de una aplicación de su representación y se divide en las siguientes partes:

- **Modelo** (Persistencia): es la capa que opera con los datos, se encarga de la comunicación con la base de datos. Por lo que tiene mecanismos para acceder a la información almacenada en esta para su consulta o actualización.
- **Vista** (Presentación): en esta capa se muestra la información almacenada al usuario. Se encarga de la transmisión de los datos entre el usuario y el sistema de manera bidireccional.
- **Controlador** (Dominio): es la capa que se encarga del control de la información. Sirve de enlace entre la capa de Vista y la capa de Modelo.

Las tecnologías que se han utilizado en la implementación de cada capa se definen a continuación, en la Tabla 4.1.

A continuación en la Fig. 4.2 se muestra más detalladamente la arquitectura del sistema, basándose en el patrón de diseño MVC.

Modelo	Vista	Controlador
MySQL	HTML	Java
	CSS	
	JavaScript	
	Jquery	
	JSP	
	AJAX	
	Bootstrap	

Tabla 4.1: Tecnologías utilizadas en cada una de las capas del MVC.

4.1.4 Configuración del entorno.

Para el desarrollo de la herramienta se ha utilizado equipo con las siguientes especificaciones:

- Sistema operativo: macOS Mojave.
- Procesador: Intel® Core™ i5 8ª Gen 2.30 GHz con tecnología Turbo Boost hasta 3.3 GHz.
- Memoria RAM: 16 GB LPDDR3.

Como entorno de desarrollo se ha empleado el IDE *Eclipse*, en concreto la versión *Oxygen 3a*. Como servidor web se ha utilizado la novena versión de *Apache Tomcat*, propiedad de la compañía *The Apache Software Foundation*.

4.2 PT1. DISEÑO DE UN MODELO FORMAL PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE RIESGO DE FRACASO EN BASE A EXPERIENCIAS PREVIAS.

4.2.1 Iteración 1. Preparación de los datos y comienzo de la implementación del modelo.

Antes de comenzar con el diseño y la definición del modelo formal, se ha establecido el conjunto de datos sobre el que se va a estudiar el comportamiento del modelo.

El conjunto de datos que se ha elegido para analizar y probar el comportamiento del modelo, son los datos registrados en la asignatura de Informática de los Grados de Ingeniería Industrial e Ingeniería Minera, impartidos en la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén (EIMIA), Universidad de Castilla-La Mancha.

Esta asignatura es la misma para ambos grados y se imparte durante el primer curso de los mismos. Hasta el curso 2016-2017, el profesor encargado de impartirlas fue el director de este TFG, Javier Alonso Albusac Jiménez, quien ha facilitado los datos de éstas para su utilización en este proyecto.

Este conjunto de datos contiene la información referente a 552 alumnos que han pasado por esta asignatura durante los años 2010 a 2017. Para conservar su privacidad, se ha omitido cualquier tipo de dato de carácter personal de estos alumnos como el Documento Nacional de Identidad (DNI) o el nombre y apellidos. Para

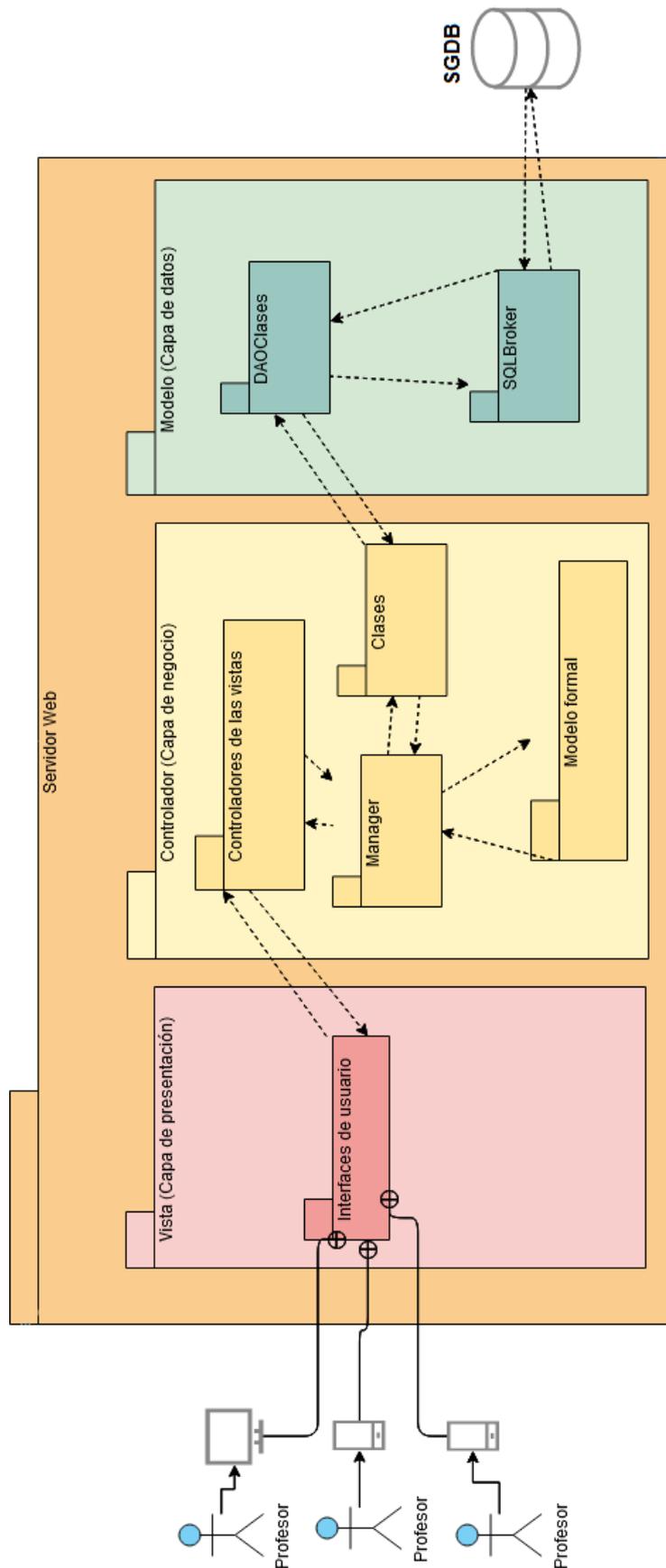


Figura 4.2: Arquitectura del sistema bajo el patrón MVC.

poder identificarlos y ordenarlos de alguna manera, se le ha asignado a cada uno un número de secuencia en orden creciente (1 - 552).

Para almacenar y clasificar la información se ha utilizado una hoja de cálculo, concretamente del programa *Microsoft Excel*. A esta hoja de cálculo se ha añadido la información referente a los 552 alumnos, dividida en 8 columnas:

- **Número:** es el identificador del alumno, como se ha explicado anteriormente se ha sustituido los datos de carácter personal por esta secuencia de números.
- **Año:** representa el año académico en el que el alumno cursó la asignatura.
- **Columnas de pruebas (6):** por cada una de las distintas pruebas que componen la asignatura, se ha asignado una columna diferente. Se ha decidido también omitir el nombre o descripción de cada prueba, asignando simplemente un identificador ($T_1, T_2, T_3 \dots T_n$) a cada una de ellas. Las distintas pruebas que componen esta asignatura son:
 - T_1 : Grado de participación durante el curso. Evoluciona de forma progresiva.
 - T_2 : Examen de los temas 1 y 2: representación de la información en el computador y arquitectura del computador.
 - T_3 : Trabajo teórico-práctico sobre la introducción a los sistemas operativos.
 - T_4 : Primer examen de programación de computadores.
 - T_5 : Segundo examen de programación de computadores.
 - T_6 : Evaluación de prácticas focalizadas en la programación de computadores.

En el caso de analizar otra asignatura con un número diferente de pruebas, este número de columnas cambiaría, manteniéndose las columnas “Número” y “Año” y solo se modificaría el número de columnas referente a las pruebas.

Una vez se haya preparado el conjunto de datos, se empieza con la definición del modelo formal. A continuación, se definen los tres parámetros que se emplean en el modelo para determinar el nivel de alerta o anomalía. Dicho valor determina en qué grado debemos reforzar el aprendizaje de un alumno, para tener mayores garantías de que finalmente supere la asignatura:

1. Desviación entre la nota obtenida por un alumno en una determinada prueba y la nota de corte de dicha prueba (**Def. 4.3**). De esta forma, el modelo puede detectar si un estudiante ha superado o no una prueba y en qué grado.
2. Desviación entre la nota obtenida por un alumno y la nota obtenida por el resto de estudiantes del grupo al que pertenece (**Def. 4.5**). Dicho valor muestra la cercanía entre los resultados obtenidos por el estudiante y el resto de compañeros. Una desviación muy positiva podría implicar una mayor garantía de éxito.
3. Probabilidad de superar la asignatura al final del curso en base a los resultados obtenidos hasta el momento actual (**Def. 4.7**). Para ello, se hace uso los resultados obtenidos por estudiantes en cursos pasados buscando similitudes con los actuales.
4. Finalmente, el nivel de alerta o anomalía se calcula en base a los tres valores anteriores y se define en (**Def. 4.9**).

En esta iteración se definen las operaciones necesarias para el cálculo de los parámetros 1 y 2 de esta lista, dejando la implementación del cálculo de la probabilidad de superar la asignatura (parámetro 3) y el nivel de alerta para la siguiente iteración (iteración 3).

Definición 4.1. Una asignatura S (subject) consta de un conjunto de pruebas o test T_1, T_2, \dots, T_n que un alumno debe superar (total o parcialmente) para poder superar la asignatura de forma global.

$$S = \langle T_1, T_2, \dots, T_n \rangle \quad (4.1)$$

Las pruebas siguen una secuencia temporal de tal forma que T_1 , se celebra o se produce antes que T_2 , en el tiempo, T_2 , antes que T_3 , y así sucesivamente.

Definición 4.2. Una prueba o Test T_i de una asignatura S está constituida por la nota mínima que puede obtener el estudiante min_mark , nota de corte a partir de la cual se considera que el alumno supera la prueba $cutoff_mark$ y, finalmente, la nota máxima posible max_mark .

$$T_i = \langle min_mark, cutoff_mark, max_mark \rangle \dots \quad (4.2)$$

De ahora en adelante, para referirnos a un atributo de una determinada prueba T_i , usaremos T_i , seguido de un un punto y el nombre del atributo. Por ejemplo, para referirnos a la máxima nota que puede obtener un alumno en una prueba T_i , emplearemos la siguiente notación: $T_i.max_mark$.

Definición 4.3. La desviación D que se produce entre la nota obtenida por un alumno en una prueba T_i , $mark_{T_i}$ y la nota de corte de una determinada asignatura T_i ($T_i.cutoff_mark$) se calcula de la siguiente manera:

$$(a) \quad D_{T_i} = (mark_{T_i} - T_i.cutoff_mark) / (T_i.max_mark - T_i.cutoff_mark) \quad (4.3)$$

$$(b) \quad D_{T_i} = (mark_{T_i} - T_i.cutoff_mark) / (T_i.cutoff_mark - T_i.min_mark)$$

(a) si $mark_i \geq T_i.cutoff_mark$

(b) si $mark_{T_i} < T_i.cutoff_mark$

En el caso que el alumno supere la prueba T_i , es decir, $mark_{T_i} \geq T_i.cutoff_mark$, el valor $D_{T_i} \in [0, 1]$. Por el contrario, si el estudiante no supera la prueba ($mark_{T_i} < T_i.cutoff_mark$) el valor $D_{T_i} \in [-1, 0]$. Por tanto, de forma general podemos afirmar que D puede ser una desviación positiva o negativa y su valor numérico pertenece al intervalo $[-1, 1]$. Con este valor se pretende representar cuánto está alejado un estudiante de ese valor límite necesario para superar una prueba.

Ejemplo: supongamos que la máxima nota que un alumno puede obtener en T_1 es 10, la mínima 0 y la nota de corte es 5. En el caso de que un estudiante obtenga la calificación de 7, D_{T_i} se calcularía de la siguiente forma: $D_{T_i} = (7-5)/(10-5) = 2/5 = 0.4$. Por otro lado, supongamos ahora un caso en donde el alumno no superara la prueba y obtuviese la calificación de 2; D_{T_i} se calcularía de la siguiente forma: $D_{T_1} = (2-5)/(5-0) = -3/5 = -0.6$.

En el caso de que se haya celebrado más de una prueba, esa desviación se debe acumular para poder tener una apreciación global en el transcurso de las pruebas celebradas.

Definición 4.4. La desviación media acumulada $D_{(T_1, \dots, T_n)}$ de un alumno para un número de pruebas n , siendo n el número de pruebas celebradas hasta el momento actual, se define como:

$$D_{(T_1, \dots, T_n)} = (D_{T_1} + \dots + D_{T_n}) / n \in [-1, 1] \quad (4.4)$$

Ejemplo: la desviación producida en una tercera prueba T_3 , sería la desviación producida en la propia tercera prueba, más la suma de las desviaciones obtenidas en las dos pruebas anteriores. Todo ello dividido entre el número total de pruebas realizadas hasta el momento, que sería tres.

$$D_{(T_1, T_2, T_3)} = (D_{T_1} + D_{T_2} + D_{T_3}) / 3 \quad (4.5)$$

Definición 4.5. La desviación \overline{D} que se produce entre la nota obtenida por un estudiante ($mark_{T_i}$) en una prueba T_i , y la media aritmética de las notas obtenidas por el grupo de estudiantes en la misma prueba ($\overline{T_i}$), se define como:

$$\overline{D_{T_i}} = \frac{(mark_{T_i} - \overline{T_i})}{(T_i.max_mark - T_i.min_mark)} \quad (4.6)$$

Con $\overline{D_{T_i}}$ se pretende representar la similitud existente entre los resultados obtenidos por un alumno y sus compañeros de la misma clase. En el caso de que se produzca una diferencia muy negativa (el estudiante obtiene peores resultados que el grupo), $\overline{D_{T_i}}$ debe contribuir en la representación de una anomalía, que haga que se preste especial atención a dicho estudiante.

Al igual que sucedía en la definición anterior, $\overline{D_{T_i}}$ también debe ir acumulándose a medida que se producen nuevas pruebas de progreso en el transcurso de la asignatura.

Definición 4.6. La desviación media acumulada $\overline{D_{(T_1, \dots, T_n)}}$ de un alumno con respecto a la media aritmética de las notas obtenidas por el grupo de estudiantes para un número de pruebas n , siendo n el número de pruebas celebradas hasta el momento actual, se calcula de la siguiente manera:

$$\overline{D_{(T_1, \dots, T_n)}} = (\overline{D_{T_1}} + \dots + \overline{D_{T_n}}) / n \in [-1, 1]. \quad (4.7)$$

4.2.2 Iteración 2. Fin del diseño del modelo.

En esta iteración se finaliza el diseño del modelo. Para ello se definió el último parámetro que determina el nivel de alerta de un alumno, así como los cálculos que se deben llevar a cabo para obtener dicho nivel de alerta. Además, se definió también la probabilidad de superar una futura prueba en el caso de que esté relacionada con alguna de las pruebas que ya se hayan llevado a cabo.

De esta forma, no solo es posible conocer el riesgo de fracaso académico a nivel global en la asignatura, sino también en futuras pruebas que estén relacionadas. A partir de una prueba celebrada, el sistema podría determinar el riesgo de no superar ciertas pruebas futuras con las que exista una relación.

Definición 4.7. La probabilidad de que un alumno supere la asignatura S a final de curso, depende de los resultados que haya ido obteniendo en las pruebas parciales.

Para ello, en primer lugar, se debe incluir en el modelo cómo calcular la probabilidad de que un alumno supere una determinada prueba T . Esta probabilidad, $P(pass(T_i))$ depende de la cantidad de alumnos que han superado dicha prueba y el número total de alumnos (no se refiere únicamente al curso actual, sino al total en todos los cursos registrados en el histórico).

$$P(pass(T_i)) = \frac{n^\circ \text{ total de alumnos que han superado } T_i}{n^\circ \text{ total de alumnos}} \quad (4.8)$$

Es importante recordar, que se considera una prueba T_i superada, si la nota obtenida $mark T_i \geq T_i.cutoff_mark$.

Una vez conocida la probabilidad de que un alumno pueda superar una prueba, es posible determinar qué probabilidad hay de que ese alumno supere la asignatura al final, habiendo superado T_i .

$$P(S|pass(T_i)) = \frac{n^\circ \text{ total de alumnos que han superado } T_i \text{ y } S}{n^\circ \text{ de alumnos que superaron } T_i} \quad (4.9)$$

De manera formal:

$$P(S|pass(T_i)) = \frac{P(S \wedge pass(T_i))}{P(pass(T_i))} \quad (4.10)$$

Ejemplo: Supongamos el caso en el que existe un total de 30 alumnos en un grupo. De esos 30 alumnos, 20 superan la primera prueba T_1 . Además, de los 20 que superaron la primera prueba, sólo 7 superaron la asignatura S al final. Si el alumno que está siendo analizado, supera T_1 ¿cuál sería la probabilidad de que el alumno supere al final la asignatura S ?

$$P(S|pass(T_i)) = \frac{P(S \wedge pass(T_i))}{P(pass(T_i))} = \frac{7}{20} = 0,35 \quad (4.11)$$

Tal como se puede apreciar en el ejemplo anterior, se podría dar el caso en el que del total de alumnos que han superado T_i , al final fueran muy pocos los que superaran la asignatura S . En tal caso, la probabilidad de superar la asignatura, habiendo superado T_i , no sería demasiada alta. Por tanto, la probabilidad asociada a T_i , no sería un buen indicador de que el alumno va por buen camino, a pesar de haber superado la prueba holgadamente.

Para solucionar este problema, se puede hacer un estudio más preciso de acuerdo al rango en el que se encuentra la nota del alumno. Según sea la nota obtenida por el alumno en una prueba superada, ésta podría ser catalogada como aprobado, notable o sobresaliente. Un alumno que ha obtenido una buena nota en la prueba (notable o sobresaliente), fácilmente podría tener una mayor probabilidad de superar la asignatura al final.

Sin embargo, estos intervalos de calificación (aprobado, notable y sobresaliente) no son del mismo tamaño, ya que el aprobado comprende los valores que van entre $\{5.0 - 6.9\}$, el notable oscila entre $\{7.0 - 8.9\}$ y el sobresaliente abarca el conjunto de notas que hay entre $\{9.0 - 10.0\}$.

Para realizar un análisis más equitativo se utilizarán intervalos que tengan el mismo tamaño. Se dividirá el rango de notas, cuya obtención significa haber superado la prueba, en tres tercios iguales mediante la siguiente fórmula:

$$Intervalo = \frac{T_i.max_mark - T_i.cutoff_mark}{3} \quad (4.12)$$

Sea $P(mark(T_i))$ la probabilidad de que un estudiante obtenga un determinado intervalo de nota en una prueba T_i .

$$P(mark(T_i)) = \frac{n^\circ \text{ total de alumnos cuya nota pertenece a ese intervalo en } T_i}{n^\circ \text{ total de alumnos}} \quad (4.13)$$

Por ejemplo, si el alumno hubiera obtenido una calificación de notable, $P(mark(T_i))$ se referiría a la probabilidad de obtener notable en T_i . De esta forma:

$$P(S|mark(T_i)) = \frac{P(S \wedge mark(T_i))}{P(mark(T_i))} \quad (4.14)$$

Ejemplo: volviendo al ejemplo anterior, supongamos que de los 20 estudiantes que superaron T_1 , 6 de ellos lo hicieron con notable y, de todos ellos, 5 aprobaron al final la asignatura:

$$P(S|mark(T_i)) = \frac{P(S \wedge mark(T_i))}{P(mark(T_i))} = \frac{5}{6} = 0,83 \quad (4.15)$$

Tal como se puede apreciar, realizando un estudio más preciso sobre la forma en la que un estudiante ha superado una prueba, se puede obtener un indicador que refleje unas garantías de éxito mayores. Por tanto, en este modelo, la probabilidad de superar S en función del resultado obtenido en la prueba actual, se calcula de la siguiente forma:

$$P(S|T_i) = \max(P(S|pass(T_i)), P(S|mark(T_i))) \quad (4.16)$$

A medida que el curso avanza y se celebran nuevas pruebas, el cálculo de probabilidades se complica. Esto es debido a que el número de fenómenos dependientes crece y el abanico de posibles resultados que

se pueden obtener en las diferentes pruebas es amplio. Es decir, un alumno podría ir superando todas las pruebas parciales o, en cambio, tan solo algunas de ellas. Ante esta situación, el modelo debería determinar si las pruebas superadas hasta el momento pueden ser suficientes para garantizar un aprobado global. O, por el contrario, el estudiante está en serio riesgo de no superar la asignatura y necesita reforzar su aprendizaje. En este caso, son primordiales las experiencias pasadas, cuántos de los estudiantes anteriores, en la misma situación, superaron o no la asignatura.

Veamos el caso en el que se han celebrado dos pruebas T_1 y T_2 . La probabilidad de superar S en función de los resultados obtenidos en estas dos pruebas, se calcularía del siguiente modo:

$$P(S|T_1 \wedge T_2) = \frac{P((T_1 \wedge T_2) \wedge S)}{P(T_1 \wedge T_2)} \quad (4.17)$$

Siendo $P((T_1 \wedge T_2) \wedge S)$ el número total de alumnos que han superado T_1 , T_2 y S al final del curso, dividido entre el número total de alumnos. En función de si un estudiante ha superado una prueba T_i o no, habrá que utilizar el número total de alumnos que han superado la prueba o los que no la han superado, para determinar la probabilidad.

Supongamos el caso en el que un alumno ha superado T_1 y no lo ha hecho con T_2 . En tal caso, $P(S|T_1 \wedge \neg T_2)$ representaría la probabilidad de superar la asignatura S , habiendo superado T_1 y no habiendo superado T_2 . En tal caso, sería más adecuado expresarlo de la siguiente forma:

$$P(S|T_1 \wedge \neg T_2) = \frac{P((T_1 \wedge \neg T_2) \wedge S)}{P(T_1 \wedge \neg T_2)} \quad (4.18)$$

En el caso de que se hayan celebrado tres pruebas, la probabilidad de superar la asignatura en función de estas tres pruebas, sería la siguiente:

$$P(S|T_1 \wedge T_2 \wedge T_3) = \frac{P((T_1 \wedge T_2 \wedge T_3) \wedge S)}{P(T_1 \wedge T_2 \wedge T_3)} \quad (4.19)$$

$$P(T_1 \wedge T_2 \wedge T_3) = P((T_1 \wedge T_2) \wedge T_3) = P(T_1 \wedge T_2) \times P(T_3|T_1 \wedge T_2) = P(T_1) \times P(T_2|T_1) \times P(T_3|T_1 \wedge T_2)$$

A partir de aquí es posible generalizar para n pruebas, T_1, T_2, \dots, T_n :

$$P(S|T_1 \wedge T_2 \wedge \dots \wedge T_n) = \frac{P((T_1 \wedge T_2 \wedge \dots \wedge T_n) \wedge S)}{P(T_1 \wedge T_2 \wedge \dots \wedge T_n)} \quad (4.20)$$

$$P(T_1 \wedge T_2 \wedge \dots \wedge T_n) = P(T_1) \times P(T_2|T_1) \times \dots \times P(T_n|T_1 \wedge T_2 \wedge \dots \wedge T_{(n-1)})$$

A lo largo del conjunto de pruebas que componen una asignatura, podría darse el caso de que exista algún tipo de relación entre unas o varias pruebas. Ya sea una relación directa entre ellas, es decir, que comparten un porcentaje o la totalidad del contenido, como podría ser un examen de recuperación de una prueba anterior. O bien, una relación indirecta en la que los conocimientos a desarrollar en las pruebas están íntimamente relacionados pero no son los mismos, como es el caso de las pruebas T_4 y T_5 de esta asignatura.

Estas pruebas que tienen relación con alguna de las pruebas celebradas anteriormente, se definen como pruebas relacionadas T_R

Definición 4.8. *La probabilidad de que un alumno supere una determinada prueba relacionada T_{R_i} , depende de los resultados que haya ido obteniendo en las pruebas anteriores que tengan una relación con ella.*

Para ello, primero se debe conocer la probabilidad de que un alumno supere una determinada prueba T . Esta probabilidad ya se definió en la Def. 4.3, y se obtiene mediante la fórmula:

$$P(\text{pass}(T_i)) = \frac{n^\circ \text{ total de alumnos que han superado } T_i}{n^\circ \text{ total de alumnos}} \quad (4.21)$$

Una vez conocida la probabilidad de que un alumno pueda superar una prueba, es posible determinar qué probabilidad hay de que ese alumno supere la futura prueba relacionada T_{R_i} habiendo superado T_i .

$$P(T_{R_i} | \text{pass}(T_i)) = \frac{n^\circ \text{ total de alumnos que han superado } T_i \text{ y } T_{R_i}}{n^\circ \text{ de alumnos que superaron } T_i} \quad (4.22)$$

De manera formal:

$$P(T_{R_i} | \text{pass}(T_i)) = \frac{P(T_{R_i} \wedge \text{pass}(T_i))}{P(\text{pass}(T_i))} \quad (4.23)$$

Ejemplo: Supongamos el caso en el que existe un total de 30 alumnos en un grupo. De esos 30 alumnos, 20 superan la primera prueba T_1 . Al final, de los 20 que superaron la primera prueba, la mitad (10) superaron la prueba relacionada con esta (T_{R_1}), que es T_4 . Si el alumno que está siendo analizado, supera T_1 ¿cuál sería la probabilidad de que el alumno supere la prueba relacionada con esta (T_4)?

$$P(T_{R_1} | \text{pass}(T_1)) = \frac{P(T_{R_1} \wedge \text{pass}(T_1))}{P(\text{pass}(T_1))} = \frac{10}{20} = 0,5 \quad (4.24)$$

Definición 4.9. El grado de alerta A_{T_i} asociado a una prueba T_i se calcula en base a los valores definidos en 3, 4 y 5, es decir, desviación con respecto a nota de corte (D), desviación con respecto a la nota media obtenida por el grupo (\overline{D}), y la probabilidad de superar la asignatura en función de los resultados obtenidos en las pruebas celebradas.

Note que el valor $D_{T_i} \in [-1, 1]$, $\overline{D_{T_i}} \in [-1, 1]$ y que, sin embargo, $P(S|T_1) \in [0, 1]$, este hecho dificulta la combinación de los tres valores. Con el objetivo de buscar uniformidad, se aplicarán cambios sobre D_{T_i} y $\overline{D_{T_i}}$ para trasladar los posibles valores que pueden tomar las variables, al intervalo $[0,1]$. De esta forma, las tres variables empleadas para calcular el grado de anomalía manejarán valores pertenecientes al mismo intervalo.

$$D'_{T_i} = \frac{D_{T_i} + 1}{2} \in [0, 1] \quad (4.25)$$

$$\overline{D'_{T_i}} = \frac{\overline{D_{T_i}} + 1}{2} \in [0, 1]$$

Tras aplicar estos cambios, los valores del intervalo $[0,1]$ se distribuyen de la siguiente manera: en el subintervalo $[0,0.5]$ ahora se sitúan los valores que antes pertenecían a $[-1,0]$ y en el subintervalo $[0.5,1]$ los valores antes situados en $[0,1]$.

Una vez normalizado el conjunto de variables, el valor de A_{T_i} se calcula de la siguiente manera:

$$A_{(T_i)} = 1 - \frac{D'_{T_i} + \overline{D'_{T_i}} + P(S|T_i)}{3} \quad (4.26)$$

De manera general, el nivel de anomalía para n pruebas, se calcula del siguiente modo:

$$A_{(T_1, T_2, \dots, T_n)} = 1 - \frac{D'_{T_1, T_2, \dots, T_n} + \overline{D'_{T_1, T_2, \dots, T_n}} + P(S|T_1 \wedge T_2 \wedge \dots \wedge T_n)}{3} \quad (4.27)$$

En la expresión anterior, en el momento que un estudiante se aleje negativamente de la nota de corte, o bien de los resultados obtenidos por el resto de compañeros, o su probabilidad de aprobar la asignatura sea baja, el valor de anomalía comenzará a incrementarse acercándose al valor uno (anomalía máxima). Por el contrario, desviaciones positivas y altas probabilidades de aprobar, proporcionarán un valor cercano a cero, que suponen un riesgo mínimo de suspender la asignatura.

4.2.3 Iteración 3. Prueba y análisis del modelo.

En esta iteración se va a estudiar el comportamiento del modelo formal definido en las iteraciones 1 y 2. Tras realizar un análisis de los resultados obtenidos, se destacarán los puntos fuertes que tiene este modelo.

Para ello, se emplearán los datos de la asignatura de informática que se imparte en el primer curso de los Grados de Ingeniería Industrial e Ingeniería Minera, en la Escuela de Ingeniería Minera e industrial de Almadén, descritos en la tarea **T1** (Sección 4.2.1) de este paquete de trabajo **PT1**.



Figura 4.3: Peso asociado a cada prueba de la asignatura.

La suma de todas las puntuaciones asociadas a las pruebas, es igual a la puntuación máxima que un estudiante puede obtener en la asignatura:

$$\sum_{i=1}^n mark_{T_i} = S.maxMark \quad (4.28)$$

4.2.3.1 Análisis estadístico de los datos.

En la asignatura de Informática, la nota máxima que puede obtener un estudiante es 10, la nota de corte para superarla 5 y la nota mínima 0. La evaluación de la asignatura se realiza mediante 6 pruebas (T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 y T_6). Cada prueba tiene asociado una puntuación, que determina el peso de la prueba en la nota final de la asignatura (Fig. 4.3). Es decir, cada prueba tiene asociada una puntuación menor que diez; dicho valor representa la relevancia de la prueba con respecto al resto. En la Tabla 4.2 se resumen y describen las pruebas realizadas en la asignatura.

En la Tabla 4.3 se muestran una relación de los estudiantes que han superado la asignatura, y los que no lo hicieron. A este último tipo pertenecen aquellos estudiantes que se presentaron a las pruebas y no las superaron, o bien, aquellos que directamente no se presentaron.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que un estudiante podría no superar la asignatura en un determinado curso, y sí hacerlo en cursos posteriores. Aunque se trata de la misma persona física, a nivel de registro en la base de conocimiento, se consideran como estudiantes independientes. Esto es debido a que un estudiante en un nuevo curso, obtendrá nuevas calificaciones en las pruebas celebradas y se tratará de un caso independiente.

Además, recordemos que uno de los parámetros que se estudia en el modelo es la desviación de los resultados de un estudiante con respecto a la media generada por el grupo ($\overline{D_{T_i}}$). Por ello, se han estudiado la media de las calificaciones obtenidas por el grupo en cada una de las pruebas Fig.4.4(a) y las medias obtenidas

Test	Peso	Min mark	Cut off mark	Max mark	Descripción
T ₁	1	0	0.5	1	Puntos por participación durante el curso
T ₂	2	0	1	2	Exámenes de los temas 1 y 2: Representación de la información en el computador y arquitectura
T ₃	1	0	0.5	1	Trabajo teórico-práctico temas 3 y 4. Sistemas operativos y bases de datos
T ₄	1.5	0	0.75	1.5	Examen Programación de Computadores I
T ₅	3	0	1.5	3	Examen Programación de Computadores II
T ₆	1.5	0	0.75	1.5	Prácticas de Laboratorio
TOTAL	10	*	*	*	*

Tabla 4.2: Resumen de las pruebas del modelo.

Total aprobados	194
Total suspensos	182
Total No presentados	176
Número total de alumnos	522

Tabla 4.3: Relación de estudiantes según sus resultados en la asignatura.

	T ₁ (0-1)	T ₂ (0-2)	T ₃ (0-1)	T ₄ (0-1.5)	T ₅ (0-3)	T ₆ (0-1.5)
Nota media	0.46	1.23	.073	0.69	1.18	0.74

Tabla 4.4: Nota media en cada una de las diferentes pruebas.

en el global de la asignatura sobre 10 puntos Fig.4.4(b). Los siguientes gráficos y tablas muestran dicha información.

En la Tabla 4.4 se puede apreciar que a medida que avanzan las pruebas, los resultados que se obtienen son peores, incluso en algunos casos la nota media es inferior a la de corte. Esto es lógico, debido a que están ordenadas por orden de dificultad. Siendo T₄ y T₅, las pruebas correspondientes a la programación de computadores I y II, que son las principales causantes del suspenso de un estudiante en la asignatura analizada.

En los datos de la tabla 4.5 se puede observar la información referente a la media de cada curso académico de una manera más concreta que en la Fig.4.4(b). Estos resultados son coherentes ya que, el porcentaje de

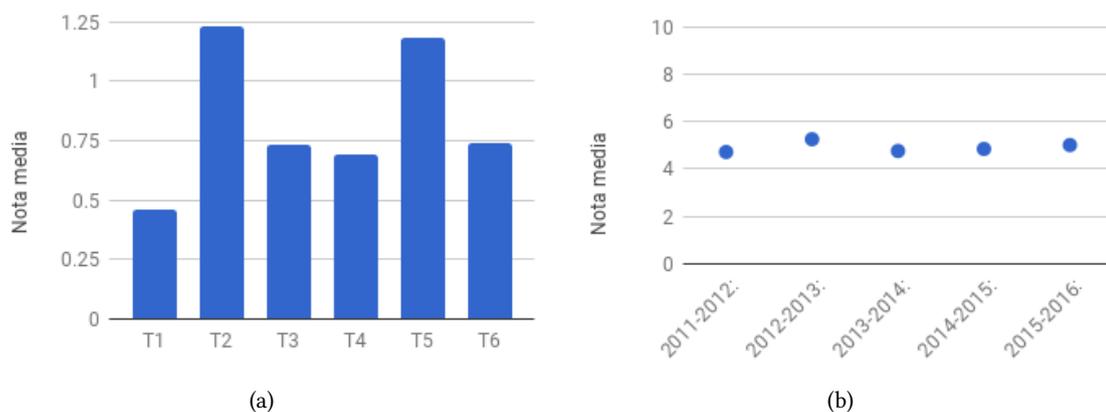


Figura 4.4: (a) Nota media en cada prueba. (b) Nota media de cada curso académico.

Curso académico	Nota media en la asignatura
2011 - 2012	4.71
2012 - 2013	5.25
2013 - 2014	4.75
2014 - 2015	4.84
2015 - 2016	5.00

Tabla 4.5: Nota media de la asignatura en cada curso académico

alumnos aprobados siempre ha estado entorno al 50 %.

La información proporcionada en la Tabla 4.6 también es empleada por el modelo para el cálculo de probabilidades (*nota:* los *no-presentados* en una prueba no se contabilizan como no superados, y se tratan a parte. Tenga en cuenta que un alumno podría presentarse a unas pruebas y a otras no).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Supera prueba	192	306	394	197	173	191
APROBADOS	73	153	137	118	84	80
NOTABLES	35	106	152	45	40	49
SOBRESALIENTES	84	47	89	34	49	62
No supera prueba	145	77	37	149	179	150

Tabla 4.6: Desglose del número de alumnos y la situación en que se encuentran en cada prueba.

Además de estos datos, necesarios para el modelo, se ha realizado un estudio estadístico más detallado sobre los alumnos que no superaron la asignatura. El objetivo de este estudio es determinar con mayor precisión la causa por la que los alumnos no superan la asignatura, y extraer un patrón común de este tipo de alumnos. Las Tablas 4.7 y 4.8 resumen estos datos.

Alumnos suspensos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Nº ALUMNOS SUPERAN PRUEBA	41	109	149	37	7	36
Nº ALUMNOS NO SUPERAN PRUEBA	145	77	37	149	179	150

Tabla 4.7: Número de alumnos que aprueban o suspenden cada una de las pruebas.

Alumnos que participan de forma activa en clase T_1 (≥ 0.5) y acaban suspendiendo la asignatura	41
Alumnos que han participado en clase (≥ 0.5), han superado T_2 y finalmente no superaron la asignatura	29
Alumnos que superaron T_2 y T_3 , y luego no superan la asignatura	84
Alumnos que superan T_2 , T_3 y T_4 , y luego no superan la asignatura	13
Número de estudiantes que no superaron la asignatura y aprobaron los exámenes parciales T_2 , T_3 , T_4 y T_5	0
Alumnos que superaron Programación II (T_5) pero no Programación I (T_4)	5

Tabla 4.8: Datos detallados sobre los alumnos que no superan la asignatura.

Una vez extraídos estos datos estadísticos, se procederá a la evaluación del modelo. Para ello, se emplearán los datos generados por los estudiantes del último curso, 2016-2017. Se mostrarán los resultados que los estudiantes fueron obteniendo después de la celebración de cada prueba, así como el valor de alerta A_{T_i} que el modelo calcula para cada estudiante.

4.2.3.2 Evaluación del modelo.

Tras analizar los datos pertenecientes al histórico de la asignatura, se va a proceder a evaluar la eficacia del modelo con los alumnos del curso 2016-2017, comenzando con la primera prueba T_1 hasta la prueba T_5 . La prueba T_1 , determina el **grado de participación de un estudiante** (min: 0, max: 1). Cabe mencionar que no se trata de una prueba obligatoria, cada estudiante es libre de participar de forma extraordinaria durante el curso, mediante la resolución de ejercicios en la pizarra, resolución de ejercicios optativos, participación en foros y debates, etc. En los estudios anteriores, se puede apreciar claramente, que no se trata de una prueba determinante para la superación de la asignatura. Tal como se puede apreciar en la tabla siguiente, el grupo de estudiantes del curso 2016-2017 está formado por 15 estudiantes, los 5 primeros superaron la asignatura y los 10 restantes suspendieron. El motivo por el que se muestran agrupados los estudiantes de esta forma, es el de facilitar con un simple golpe de vista, la búsqueda de similitudes entre los individuos de cada clase (aprobados, suspensos).

Alumno	T_1	D_{T_1}	\overline{D}_{T_1}	$P(S T_1)$	D'_{T_1}	\overline{D}'_{T_1}	A_{T_1}
1	0.7	0.4	0.48	0.6	0.7	0.74	0.32
2	0.4	-0.2	-0.12	0.19	0.4	0.44	0.66
3	1	1	1.08	0.92	1	1.04	0
4	1	1	1.08	0.92	1	1.04	0
5	0.5	0	0.08	0.38	0.5	0.54	0.53
6	0	-1	-0.92	0.19	0	0.04	0.92
7	0.5	0	0.08	0.38	0.5	0.54	0.53
8	0	-1	-0.92	0.19	0	0.04	0.92
9	0.1	-0.8	-0.72	0.19	0.1	0.14	0.86
10	0.7	0.4	0.48	0.6	0.7	0.74	0.32
11	0.6	0.2	0.28	0.38	0.6	0.64	0.46
12	0.5	0	0.08	0.38	0.5	0.54	0.53
13	0.8	0.6	0.68	0.6	0.8	0.84	0.25
14	0.1	-0.8	-0.72	0.19	0.1	0.14	0.86
15	0.1	-0.8	-0.72	0.19	0.7	0.14	0.86

Tabla 4.9: Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_1

En los resultados obtenidos a partir de la primera prueba (T_1) (Tabla 4.9), se puede apreciar que el nivel de alerta es notablemente alto en 9 estudiantes (marcados con rojo), de los cuales 7 suspendieron al final del curso. Además existen dos situaciones destacables:

- El estudiante 2, que no participó demasiado en el curso (0.4) finalmente superó la asignatura, porque como veremos más adelante superó el resto de pruebas parciales. Inicialmente el sistema lo marca con un grado alto de riesgo, pero a medida que el curso va evolucionando, ese nivel de riesgo irá descendiendo de forma progresiva.
- $P(S|T_1)$ se calcula como $P(S|T_i) = \max(P(S| \text{pass}(T_1)), P(S| \text{mark}(T_1)))$ (ver Def 4.7). Para el cálculo de probabilidades, se emplearon los 552 estudiantes registrados a lo largo de todos los cursos almacenados en la base de conocimiento. Los estudiantes 3 y 4 obtuvieron sobresaliente en la prueba, y de 84 estudiantes que han obtenido sobresaliente en T_1 , 78 finalmente superaron la asignatura, lo que implica que $P(S| \text{mark}(T_1)) = 0.92 > P(S| \text{pass}(T_1)) = 0.38$.

A continuación, se muestran los datos actualizados una vez celebrada la **segunda prueba (T_2)**, **correspondiente al examen teórico práctico de los temas 1 y 2** (mínima puntuación: 0, máxima: 2).

En la Tabla 4.10 se puede observar cómo los estudiantes que no superaron finalmente la asignatura (del 6 al 15), van siendo diferenciados por el sistema con un valor de alerta superior a 0.5. Por tanto, se puede ir

Alumno	T2	D_{T_1, T_2}	\overline{D}_{T_1, T_2}	$P(S T_1 \wedge T_2)$	D'_{T_1, T_2}	$\overline{D'}_{T_1, T_2}$	A_{T_1, T_2}
1	1.63	0.515	0.44	0.76	0.7575	0.72	0.25
2	1.16	-0.02	-0.095	0.36	0.49	0.4525	0.57
3	1.75	0.875	0.8	0.96	0.9375	0.9	0.07
4	1.33	0.665	0.59	0.85	0.8325	0.795	0.17
5	1.56	0.28	0.205	0.76	0.64	0.6025	0.33
6	1.38	-0.31	-0.385	0.36	0.345	0.3075	0.66
7	0.65	-0.175	-0.25	0.26	0.4125	0.375	0.65
8	1.32	-0.34	-0.415	0.36	0.33	0.2925	0.67
9	0.95	-0.425	-0.5	0.08	0.2875	0.25	0.79
10	1.46	0.43	0.355	0.76	0.715	0.6775	0.28
11	1.06	0.13	0.055	0.76	0.565	0.5275	0.38
12	0.86	-0.07	-0.145	0.26	0.465	0.4275	0.62
13	0.87	0.235	0.16	0.42	0.6175	0.58	0.46
14	1.58	-0.11	-0.185	0.5	0.445	0.4075	0.55
15	0.7	-0.55	-0.625	0.08	0.225	0.1875	0.84

Tabla 4.10: Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_2

apreciando como el modelo detecta rápidamente a aquellos alumnos con un riesgo alto de no superar la asignatura.

A continuación 4.11, se muestran los datos actualizados una vez celebrada la **prueba T_3 , examen de los temas 3 y 4** (nota mínima: 0, nota de corte: 0.5, nota máxima: 1). En particular, esta prueba suele ser superada por una amplia mayoría de estudiantes y no suele alterar en exceso los datos mostrados en la Tabla 4.10.

Alumno	T3	D_{T_1, T_2, T_3}	$\overline{D}_{T_1, T_2, T_3}$	$P(S T_1 \wedge T_2 \wedge T_3)$	D'_{T_1, T_2, T_3}	$\overline{D'}_{T_1, T_2, T_3}$	A_{T_1, T_2, T_3}
1	0.6415	0.399	0.1315	0.77	0.6995	0.56575	0.32
2	0.741	0.231	-0.0365	0.4	0.6155	0.48175	0.5
3	0.8	0.7375	0.47	0.91	0.86875	0.735	0.16
4	1	0.8325	0.565	0.93	0.91625	0.7825	0.12
5	0.737	0.377	0.1095	0.78	0.6885	0.55475	0.33
6	0.5	-0.155	-0.4225	0.41	0.4225	0.28875	0.63
7	0.65	0.0625	-0.205	0.42	0.53125	0.3975	0.55
8	0.53	-0.14	-0.4075	0.41	0.43	0.29625	0.62
9	0.8	0.0875	-0.18	0.12	0.54375	0.41	0.64
10	0.6	0.315	0.0475	0.77	0.6575	0.52375	0.35
11	0.6	0.165	-0.1025	0.74	0.5825	0.44875	0.41
12	0.7	0.165	-0.1025	0.42	0.5825	0.44875	0.52
13	0.7	0.3175	0.05	0.42	0.65875	0.525	0.47
14	0.741	0.186	-0.0815	0.5	0.593	0.45925	0.48
15	0.737	-0.038	-0.3055	0.12	0.481	0.34725	0.68

Tabla 4.11: Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_3

A partir de los últimos datos (ver Tabla 4.11) se puede observar como algunos de los estudiantes que estaban con un nivel de alerta alto, han reducido su valor debido a que han superado con éxito la prueba T_3 . Aún así, son valores que representan una anomalía alta, y aún están en riesgo de no superar la asignatura. Uno de los puntos fuertes del modelo planteado es que éste goza de memoria o recuerdo. A pesar, de que los estudiantes han obtenido una buena calificación en la última prueba, recuerda las pruebas anteriores en la que los resultados fueron peores.

En la Tabla 4.12 se muestran los datos actualizados una vez celebrada la **cuarta prueba (T_4)**, que corresponde al examen de programación de computadores I. Esta prueba, a diferencia de las anteriores, sí es más determinante por su nivel de dificultad. La experiencia dice que gran parte de los alumnos que no superan esta prueba, no superan la asignatura a final de curso. A partir de esta prueba, el modelo debería ser capaz de distinguir claramente aquellos alumnos que están en un riesgo serio de no superar la asignatura a final de curso.

Alumno	T_4	D_{T_1, T_2, T_3, T_4}	$\overline{D}_{T_1, T_2, T_3, T_4}$	$P(S T_1 \wedge T_2 \wedge T_3 \wedge T_4)$	D'_{T_1, T_2, T_3, T_4}	$\overline{D}'_{T_1, T_2, T_3, T_4}$	A_{T_1, T_2, T_3, T_4}
1	1.5	0.6995	0.60575	1	0.84975	0.802875	0.12
2	0.75	0.1155	0.02175	0.75	0.55775	0.510875	0.39
3	1.2	0.66875	0.575	0.93	0.834375	0.7875	0.15
4	1.42	0.86625	0.7725	0.96	0.933125	0.88625	0.07
5	1.27	0.5385	0.44475	0.92	0.76925	0.722375	0.2
6	0.8	-0.04	-0.13	0.25	0.48	0.4310416667	0.61
7	0	-0.46875	-0.5625	0.07	0.265625	0.21875	0.82
8	0	-0.57	-0.66375	0.25	0.215	0.168125	0.79
9	0	-0.45625	-0.55	0.05	0.271875	0.225	0.82
10	0	-0.3425	-0.43625	0.38	0.32875	0.281875	0.67
11	0.67	0.0325	-0.06125	0.38	0.51625	0.469375	0.54
12	0.75	0.0825	-0.01125	0.83	0.54125	0.494375	0.38
13	0.67	0.10875	0.015	0.34	0.554375	0.5075	0.53
14	0	-0.407	-0.50075	0.07	0.2965	0.249625	0.79
15	0	-0.519	-0.61275	0.05	0.2405	0.193625	0.84

Tabla 4.12: Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_4

Note como prácticamente la totalidad de los estudiantes que suspendieron el curso, ya han sido detectados por el sistema a partir de la cuarta prueba (T_4). El estudiante 12, suspendió la segunda prueba, pero aprobó el resto. Lo que quiere decir, que el sistema también clasifica correctamente a este estudiante. Como veremos más adelante (ver Tabla 4.13), este estudiante fracasó porque obtuvo un mal resultado en la prueba T_5 , que es la de mayor peso. No se trata de un situación normal, de ahí que el sistema establezca su probabilidad de aprobar en un 83 %, basándose en experiencias anteriores. Es decir, el 83 % de los estudiantes que cursaron la asignatura con anterioridad, superaron T_1 , no superaron T_2 y si lo hicieron con T_3 y T_4 , finalmente aprobaron el curso.

La Tabla 4.13 muestra el análisis una vez celebrada la **quinta prueba (T_5)**, que corresponde con el examen de programación de computadores II. Es la prueba de mayor peso, con un total de 3 puntos sobre los 10 de la asignatura (nota mínima: 0, nota de corte: 1.5, nota máxima: 3).

Se puede apreciar cómo a medida que se van celebrando nuevas pruebas, la probabilidad de aprobar de un estudiante $P(S|T_1 \wedge \dots \wedge T_n)$ se acerca claramente a 1 en el caso de los alumnos que superan finalmente la asignatura, y se acerca al valor 0 en el caso de los estudiantes que no la superan. De la misma manera, el valor de alerta $A_{(T_1, \dots, T_n)}$ decrece para los alumnos que superan la asignatura y crece notablemente para los suspensos.

Por último, la **prueba T_6 es la entrega de prácticas de laboratorio**. Una prueba en la que normalmente obtienen buenos resultados los estudiantes que han superado T_4 y T_5 , y no tan buenos los estudiantes que suspendieron la asignatura. Por tanto, el análisis de T_6 apenas varía los datos de la última tabla y, por este motivo, no se incluirá en las pruebas.

Después del análisis podemos destacar la siguientes fortalezas del modelo planteado:

1. El modelo **permite destacar en etapas tempranas** a aquellos **estudiantes en riesgo alto** de

Alum- no	T5	$D_{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5}$	$\overline{D}_{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5}$	$P(S T_1 \wedge T_2 \wedge T_3 \wedge T_4 \wedge T_5)$	$D'_{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5}$	$\overline{D}'_{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5}$	$A_{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5}$
1	2.75	0.77	0.83	1	0.885	0.915	0.07
2	1.5	0.06	0.12	0.9	0.53	0.56	0.34
3	2.9	0.8	0.86	0.97	0.9	0.93	0
4	2.2	0.67	0.73	0.96	0.835	0.865	0
5	1.5	0.27	0.33	0.92	0.635	0.665	0.26
6	0	-0.52	-0.46	0	0.24	0.27	0.83
7	0	-0.73	-0.67	0	0.135	0.165	0.9
8	0	-0.79	-0.73	0	0.105	0.135	0.92
9	0	-0.73	-0.67	0	0.135	0.165	0.9
10	0.2	-0.6	-0.54	0	0.2	0.23	0.86
11	0.75	-0.23	-0.17	0	0.385	0.415	0.73
12	0.2	-0.39	-0.33	0.08	0.305	0.335	0.76
13	0.2	-0.38	-0.32	0	0.31	0.34	0.78
14	0	-0.7	-0.64	0	0.15	0.18	0.89
15	0	-0.76	-0.7	0	0.12	0.15	0.91

Tabla 4.13: Cálculo de alerta tras los resultados de la prueba T_5

suspender la asignatura. Una detección temprana también permite al profesor tomar medidas lo antes posible y mejorar así los resultados académicos.

2. **Alta fiabilidad.** El modelo, basándose en múltiples experiencias pasadas, ofrece una garantía alta de detectar correctamente a todos los estudiantes en riesgo de suspender la asignatura.
3. **El modelo**, gracias a las desviaciones acumuladas, **posee memoria**. De tal forma que tiene en cuenta todos los resultados obtenidos hasta el momento actual.
4. **Modelo flexible.** Permite crear un número de pruebas indefinido y cada una de ellas puede tener sus propios rangos de puntuación.
5. El modelo, además del riesgo de suspender una asignatura, es capaz de **calcular la probabilidad** de no superar **futuras pruebas** relacionadas con las ya realizadas.
6. **Capacidad de progreso.** El modelo mejora los resultados a medida que la base de conocimiento crece. A medida que se registren nuevos casos o experiencias, el cálculo de probabilidades es más fiable.

4.3 PT2. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA WEB QUE HAGA USO DEL MODELO FORMAL.

4.3.1 Iteración 4. Diseño de la interfaz de usuario.

En esta iteración se ha realizado el diseño de la interfaz de usuario. Para ello, se ha utilizado la herramienta *Balsamic Mockups* [23] que permite realizar prototipos o maquetas de interfaces gráficas para tener una idea aproximada de cual va a ser el resultado final. Este diseño se ha realizado teniendo en cuenta los principios de usabilidad web [13] para lograr que la experiencia del usuario sea lo más agradable posible. A continuación, se describen brevemente los que se han seguido y algunos ejemplos de cómo se han utilizado en la herramienta desarrollada en este TFG:

- **Visibilidad del estado del sistema.** El sistema debe mantener informado en todo momento al usuario de lo que está ocurriendo. Los mensajes de alerta que se muestran al usuario cuando se

registra o se identifica de manera incorrecta, o los mensajes de información cuando se realiza la carga de archivos o cuando se desea eliminar un alumno son ejemplos de como se ha seguido esta pauta durante el desarrollo del sistema.

- **Relación entre el sistema y el mundo real.** El sistema debe emplear el lenguaje del usuario, utilizando expresiones o palabras que le resulten familiares. Un ejemplo claro de como se ha seguido este principio se puede ver en la Fig. 4.9, donde se asocia el icono del disquete de ordenador a guardar los datos del alumno o el icono de la papelera a eliminar un registro.
- **Control y libertad del usuario.** Los usuarios deben poder volver a un estado anterior de una manera sencilla. Por ejemplo la posibilidad de acceder al menú principal o desconectarse en cualquier momento o la posibilidad de eliminar un alumno o sobrescribir sus datos en caso de equivocación son medidas que cumplen con este principio.
- **Consistencia y estándares.** Es conveniente seguir y repetir algunos patrones para no confundir a los usuarios. Por ejemplo, la situación del logo de la aplicación en la parte superior izquierda de la pantalla o la utilización de ciertos iconos reconocidos universalmente.
- **Prevención de errores.** Se debe ayudar al usuario a que no caiga en un error. Por ejemplo, la inclusión de un doble campo para introducir la contraseña a la hora de registrarse es una medida que se realiza siguiendo esta pauta.
- **Diseño estético y minimalista.** Los sitios web no deben tener información innecesaria ya que puede distraer y molestar al usuario. Toda la interfaz de usuario del sistema se ha diseñado con el objetivo de cumplir este requisito y mostrar solo la información importante para el usuario.
- **Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y corregir los errores.** Los mensajes de error deben expresar claramente cuál ha sido la causa del problema. Por ejemplo, en la herramienta desarrollada en este proyecto, cuando un usuario se registra en el sistema, la contraseña debe tener una serie de características, si el usuario no las tiene en cuenta, el sistema le notifica exactamente que es lo que esta haciendo mal.
- **Ayuda y documentación.** En el caso de el usuario necesite ayuda, esta debe ser fácil de encontrar, útil y no demasiado extensa. Durante el desarrollo de este proyecto, se ha elaborado un manual de usuario que está a disposición del usuario y es accesible a través de la herramienta.

Una vez se han explicado brevemente las pautas que se han seguido para su diseño, a continuación, se describen brevemente las interfaces más representativas de la herramienta.

En primer lugar, en la Fig. 4.5 se muestra la interfaz de acceso al sistema o interfaz de *Login*. Esta es la primera interfaz a la que accede el usuario cuando quiere utilizar la herramienta y está compuesta por los siguientes elementos:

- **Barra de menú** superior desde la que el usuario puede registrarse o acceder a más información sobre la herramienta, incluyendo el manual de usuario.
- **Formulario de identificación** para acceder a la herramienta. A su vez, este formulario está formado por:
 - Campos de texto para el ID y contraseña
 - Botón para verificar los datos y acceder a la herramienta

Cuando el usuario se haya identificado correctamente podrá acceder al resto de interfaces de la aplicación. La primera interfaz a la que el sistema le redirecciona es la del menu principal. La Fig. 4.6 muestra el diseño de esta interfaz que contiene los siguientes elementos:

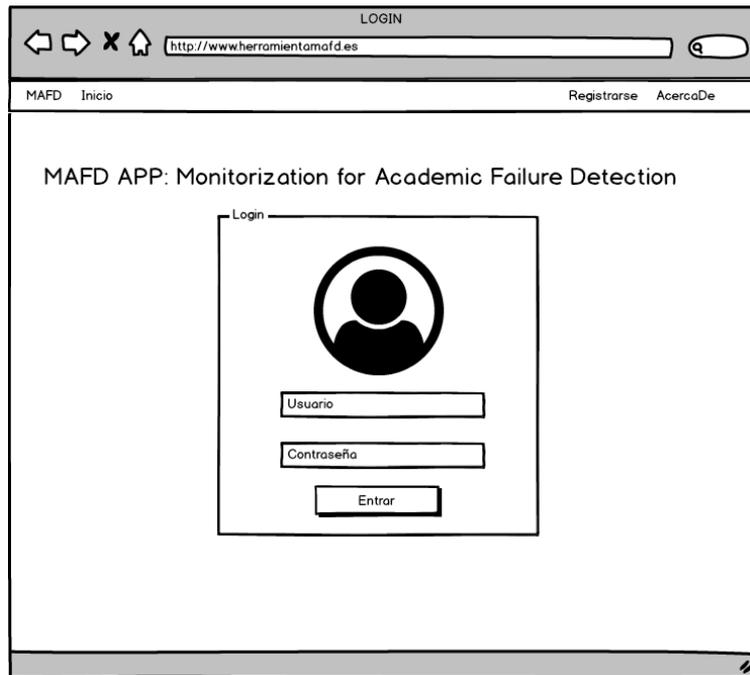


Figura 4.5: Diseño de la la interfaz de *Login* o acceso al sistema.

- **Barra de menú** superior donde el usuario podrá ver su nombre una vez haya iniciado sesión y desde la que el usuario puede desconectarse (*logout*) o acceder a más información sobre la herramienta, incluyendo el manual de usuario.
- **Botón de acceso a la interfaz de carga de datos.**
- **Botón de acceso a la interfaz para la visualización y edición de notas.**
- **Botón de acceso a la interfaz para la visualización de resultados.**

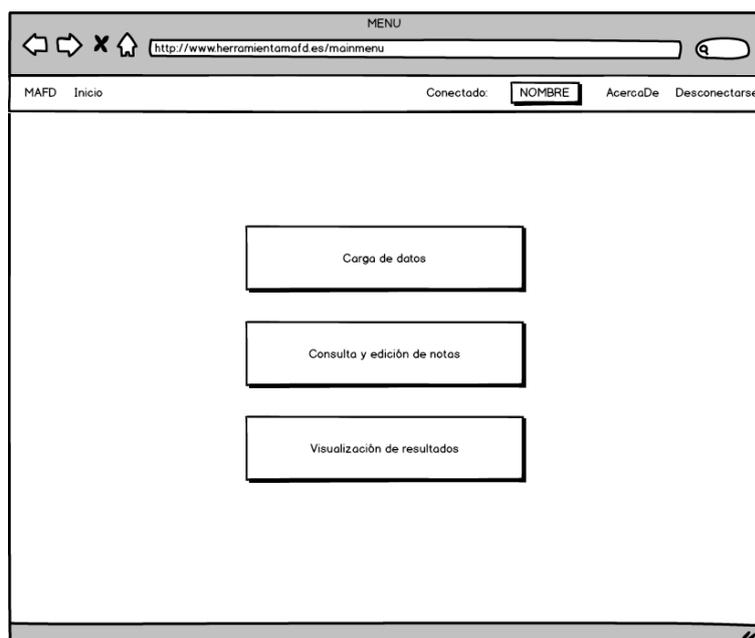


Figura 4.6: Diseño de la interfaz del menú principal de la aplicación.

La interfaz que permite al usuario acceder al módulo de carga de archivos tiene un diseño muy sencillo e intuitivo, facilitando al usuario la realización de su tarea como se puede ver en Fig.4.7, y se compone de:

- **Barra de menú superior** donde el usuario podrá ver su nombre una vez haya iniciado sesión y desde la que el usuario puede desconectarse (*logout*) o acceder a más información sobre la herramienta, incluyendo el manual de usuario.
- **Campo reservado para la carga de archivo de configuración**, que a su vez está compuesto de:
 - Botón para seleccionar el archivo. Abre un explorador de archivos mediante el que el usuario selecciona el archivo.
 - Botón para cargar los datos del archivo en el sistema.
- **Campo reservado para la carga del archivo Excel** con el histórico de calificaciones, que se compone de:
 - Botón para seleccionar el archivo. Abre un explorador de archivos mediante el que el usuario selecciona el archivo.
 - Botón para la carga y verificación de archivos en el sistema.

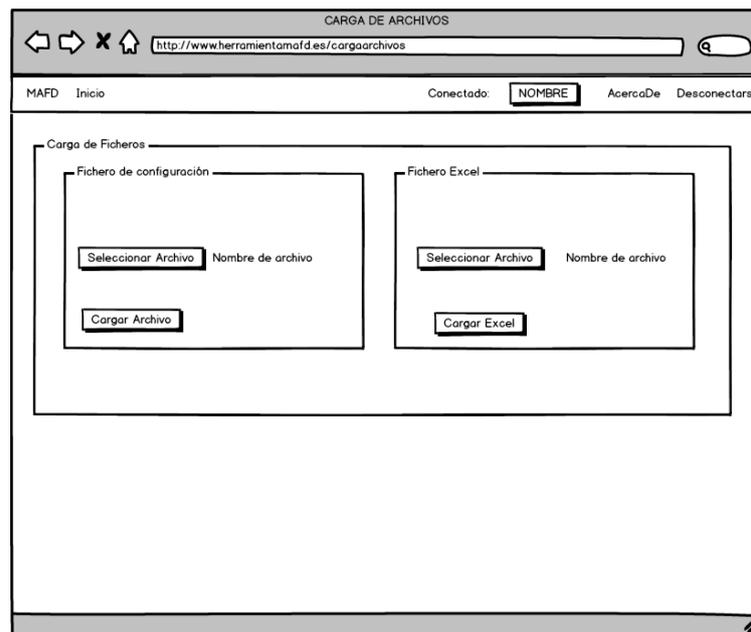


Figura 4.7: Diseño de la interfaz del módulo de carga de archivos.

Para representar la interfaz donde se consultan las notas históricas de los alumnos que han cursado la asignatura y la interfaz donde se introducen al sistema los datos de alumnos que realizan la asignatura en el curso actual, se ha utilizado una misma interfaz unificada. A continuación, se detallan los elementos comunes que posee esta interfaz.

- **Barra de menú superior** donde el usuario podrá ver su nombre una vez haya iniciado sesión y desde la que el usuario puede desconectarse (*logout*) o acceder a más información sobre la herramienta, incluyendo el manual de usuario.
- **ComboBox para la selección de la asignatura** sobre la que se desean mostrar los datos.
- **tabPanel** o panel de pestañas en el que el usuario elegirá la información que desea visualizar. Se compone de dos pestañas

- Histórico (Fig.4.8). Está compuesto por una tabla con la información referente al histórico de la asignatura. El usuario solo podrá visualizar la información.
- Curso actual (Fig.4.9). Este panel se compone, de igual manera que el de la otra pestaña, de una tabla que muestra los datos de los alumnos. Sin embargo, en este caso añade más detalles, como una barra de progreso que muestra el grado de riesgo o una serie de botones que permiten gestionar los datos de los alumnos:
 - * **Botón para añadir un nuevo registro a la tabla.**
 - * **Botón para guardar la información referente a un alumno en la base de datos del sistema.**
 - * **Botón para eliminar la información de un alumno del sistema.**

ALUMNO	AÑO	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	...	PRUEBA N
55566677	2011-2012	0.5	12	0.75	...	X
53463637	2011-2012	0.3	12	0.75	...	X
55555555	2011-2012	1	12	0.75	...	X
75889627	2011-2012	0.1	12	0.75	...	X
65266672	2011-2012	0.6	12	0.75	...	X
33166675	2012-2013	0.6	12	0.75	...	X
54366678	2012-2013	0.77	12	0.75	...	X
57666676	2012-2013	0.8	12	0.75	...	X
41366677	2012-2013	0.4	12	0.75	...	X
77866671	2013-2014	0.35	12	0.75	...	X
62666670	2013-2014	0.5	12	0.75	...	X
86366670	2014-2015	0.9	12	0.75	...	X
62366677	2014-2015	1	12	0.75	...	X
55766672	2014-2015	0.5	12	0.75	...	X

Figura 4.8: Diseño de la interfaz para la consulta y edición de notas (1).

La Fig.4.10 muestra la interfaz donde se muestra una serie de gráficos destinados a ofrecer al usuario una versión global del estado de la clase.

- Barra de menú superior donde el usuario podrá ver su nombre una vez haya iniciado sesión y desde la que el usuario puede desconectarse (*logout*) o acceder a más información sobre la herramienta, incluyendo el manual de usuario.
- **ComboBox para la selección de la asignatura** sobre la que se desean mostrar los datos.
- **Gráfico de sectores circulares** para mostrar el porcentaje de alumnos en riesgo en el curso actual.
- **Gráfico de líneas** para mostrar el número de aprobados en cada curso.
- **Gráfico de barras** para mostrar el comportamiento de los alumnos del curso actual en comparación con el histórico de alumnos.

The screenshot shows a web browser window titled 'ALUMNOS' with the URL 'http://www.herramientamaf.es/visualizardatos'. The interface includes a navigation bar with 'Inicio', 'Conectado: NOMBRE', 'AcercaDe', and 'Desconectarse'. Below this is a dropdown menu for 'Asignatura'. The main content area is divided into two tabs: 'Histórico' and 'Curso Actual'. The 'Curso Actual' tab is active, displaying a table with the following columns: ALUMNO, PRUEBA 1, PRUEBA 2, PRUEBA 3, ..., PRUEBA N, Grado de Riesgo, and + Alumno. The table contains 15 rows of student data.

ALUMNO	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	...	PRUEBA N	Grado de Riesgo	+ Alumno
55566677	0.5	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
53463637	0.3	12		...	X	[Bar Chart]	[Icon]
55555555	1	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
75889627	0.1	12		...	X	[Bar Chart]	[Icon]
65266672	0.6	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
33166675	0.6	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
54366678	0.77	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
57666676	0.8	12		...	X	[Bar Chart]	[Icon]
41366677	0.4	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
77866671	0.35	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
62666670	0.5	12		...	X	[Bar Chart]	[Icon]
86366670	0.9	12		...	X	[Bar Chart]	[Icon]
62366677	1	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]
55766672	0.5	12	0.75	...	X	[Bar Chart]	[Icon]

Figura 4.9: Diseño de la interfaz para la consulta y edición de notas (2).

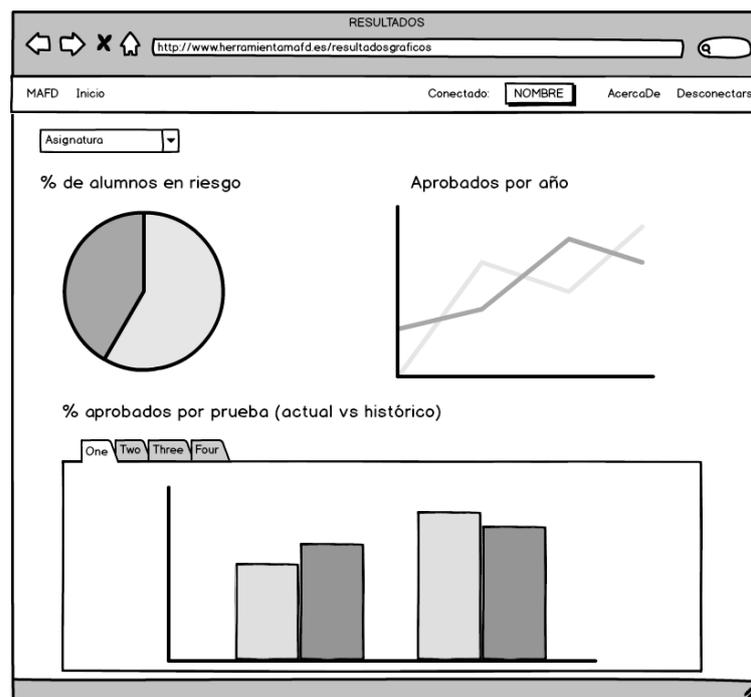


Figura 4.10: Diseño de la interfaz para la visualización de resultados en forma de gráficos explicativos.

4.3.2 Iteración 5. Diseño de la base de datos relacional.

En esta tarea se ha diseñado e implementado la base de datos donde se almacenará de manera persistente la información que utilizará la herramienta web. Se ha elegido una base de datos basada en el modelo relacional debido a la importancia que representa para nuestra herramienta mantener la integridad de los datos y evitar la duplicidad de los registros para prevenir un mal funcionamiento de la misma.

El Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) relacional que se ha elegido ha sido *MySQL* ya que está considerada como la base de datos más popular del mundo y representa uno de los 4 pilares fundamentales

de la pila de desarrollo web (*MAMP, LAMP, WAMP*).

Para crear y manejar una base de datos *MySQL* existen diferentes maneras, mediante comandos introducidos por consola, utilizando software dedicado, entre otras. Durante el desarrollo de este proyecto se ha utilizado la herramienta ***MySQL Workbench*** que integra desarrollo de software, diseño, gestión y mantenimiento de bases de datos y también migraciones de bases de datos desarrolladas con otras tecnologías (*Access, SQLServer*). Es *open source* y podemos acceder a través de la página oficial de *MySQL* [24].

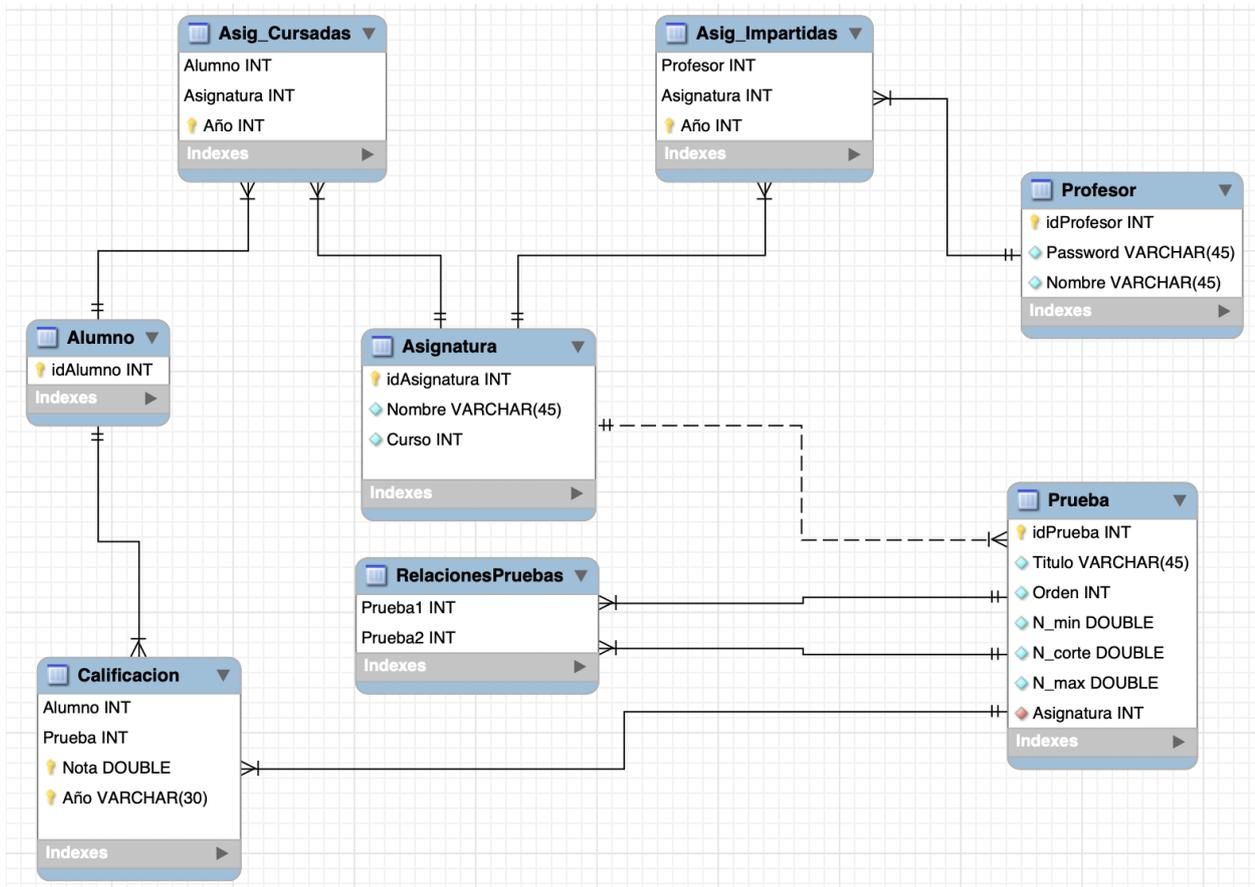


Figura 4.11: Diseño de la base de datos relacional realizado con MySQL Workbench.

Tal y como se observa en la figura anterior, existen 8 tablas en las que se representa toda la información del proyecto. A continuación se detalla una explicación de cada tabla así como de sus parámetros más destacados:

- **Profesor:** esta tabla almacena la información de los usuarios finales del sistema (profesores). Estos datos se componen de *idProfesor* (Documento Nacional de Identidad (DNI) sin letra y sin el primer dígito en el caso de que este sea 0), *Password* que será la contraseña con la que accedan a la herramienta y *Nombre*.
- **Alumno:** almacena la información referente a los alumnos, en este caso solo se trata de un identificador *idAlumno*, que será el DNI del alumno sin letra. Para proteger la intimidad de los alumnos utilizados para probar la herramienta, se ha omitido su DNI y se les ha asignado un número de secuencia como identificador.
- **Asignatura:** guarda información como *idAsignatura*, *Nombre* y *Curso* de cada una de las asignaturas en las que se ha decidido utilizar esta herramienta.
- **Prueba:** almacena información referente a cada una de las pruebas, como su identificador único

idPrueba, el *Título* de cada una, el *Orden* que ocupan en la asignatura, la *Asignatura* a la que pertenecen, así como sus nota mínima, de corte y máxima, *N_min*, *N_corte* y *N_max* respectivamente.

- **RelacionesPrueba:** Esta tabla almacena información sobre las relaciones que existen entre las diferentes pruebas.
- **Calificación:** Esta es la tabla más importante de todo el esquema, en ella se almacena cada una de las calificaciones (*Nota*) de un *Alumno* para una *Prueba* y *Año* determinados.
- **Asig_cursada:** Esta tabla almacena información referente a las asignaturas *Asignatura*, que cursa cada *Alumno* y el *Año* en el que lo ha hecho. En el prototipo que se ha desarrollado en este proyecto, no ha sido necesaria su implementación, por lo que solo aparece plasmada en el diseño. Sin embargo, si habría que tenerla en cuenta de cara a un desarrollo futuro más completo de nuestra herramienta.
- **Asig_impartida:** Esta tabla representa las diferentes asignaturas *Asignatura* que imparte cada *profesor* y el *año* en el que lo ha hecho. Se encuentra en la misma situación que la tabla anterior: no se ha implementado en el desarrollo de este prototipo, pero habría que tenerla en cuenta a la hora de realizar desarrollos futuros.

Una vez establecidas las entidades del modelo, se van a establecer las relaciones existentes entre ellas:

- Un **Alumno** puede cursar distintas asignaturas (*Asig_cursadas*), pero también puede cursar la misma asignatura en años diferentes.
- Un **Profesor** puede impartir varias asignaturas (*Asig_Impartidas*), pero también puede impartir la misma asignatura en años diferentes.
- Una misma **Asignatura** puede ser impartida por distintos profesores (*Asig_Impartidas*).
- Una **Asignatura** puede tener diferentes **Pruebas**.
- Una **Prueba** solo puede pertenecer a una **Asignatura**.
- Una **Prueba** puede estar relacionada con una o más pruebas (*RelacionesPruebas*).
- Un **Alumno** solo puede tener una **Calificación** para una **Prueba** en un año concreto. Pero puede tener la misma **Calificación** para la misma **Prueba** en un año distinto (aquí se tiene en cuenta que un alumno puede repetir la asignatura).

4.3.3 Iteración 6. Diseño e implementación de la interfaz de comunicación entre el sistema y el SGBD.

En esta iteración se ha realizado la implementación de la interfaz de comunicación entre la herramienta y SGBD. Para ello, siguiendo el patrón DAO (*Data Access Object*), se han creado una serie de clases que se corresponden con cada una de las diferentes tablas que componen la base de datos *DAOProfesor*, *DAOAlumno*, *DAOAsignatura*, *DAOPrueba*, *DAORelacionPrueba* y *DAOCalificacion*.

Cuando estas clases DAO quieren realizar algún tipo de consulta u operación con la base de datos hacen uso de la clase *SQLBroker*. Esta clase establece una conexión con la base de datos a través del driver JDBC (*Java Database Connectivity*) y se la devuelve a estas clases que tras realizar sus tareas correspondientes cierran dicha conexión. En el fragmento de código Lista.4.1 se puede ver la implementación de la clase *SQLBroker* y la estructura de comunicación definida, Fig 4.12:

En la parte del dominio se han definido las clases necesarias para representar cada uno de los objetos o entidades con los que se trabajará en el sistema (*Profesor*, *Alumno*, *Asignatura*, *Prueba*, *RelacionPrueba* y *Calificación*). En ellas se definen las variables y propiedades de cada uno.

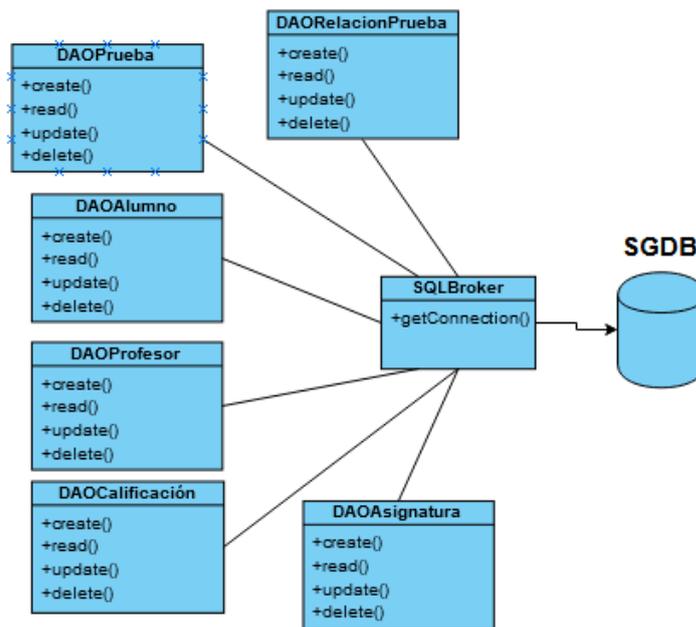


Figura 4.12: Esquema de la comunicación entre las clases DAO y el SGDB.

Listado 4.1: Ejemplo de código fuente en lenguaje Java

```

1 // @author Francisco Lopez Navarro
2 package edu.uclm.esi.tfg.persistencia;
3
4 import java.sql.*;
5
6 public class SQLBroker {
7     private String driver = "com.mysql.jdbc.Driver";
8     private String host = "jdbc:mysql://localhost:3306/tfg";
9     private String user = "root";
10    private String pwd = "root";
11
12    private Connection con=null;
13
14    public SQLBroker() {
15        try {
16
17            Class.forName(driver).newInstance();
18            con = DriverManager.getConnection(host,user,pwd);
19
20        } catch (SQLException | InstantiationException |
21            IllegalAccessException | ClassNotFoundException ex) {
22
23            System.out.println("SQLException:␣" + ex.getMessage());
24
25        }
26    }
27    public Connection getConex() {
28        return con;
29    }
30 }
  
```

Hay que destacar que se ha utilizado como patrón de diseño el patrón *Singleton*. Con la utilización de este patrón se consigue reducir la complejidad minimizando las comunicaciones y dependencias entre clases, ya que las vistas o el resto de clases del dominio no interactuarán directamente con las clases DAO implementadas en la capa Modelo sino que lo harán a través de la clase *Manager*.

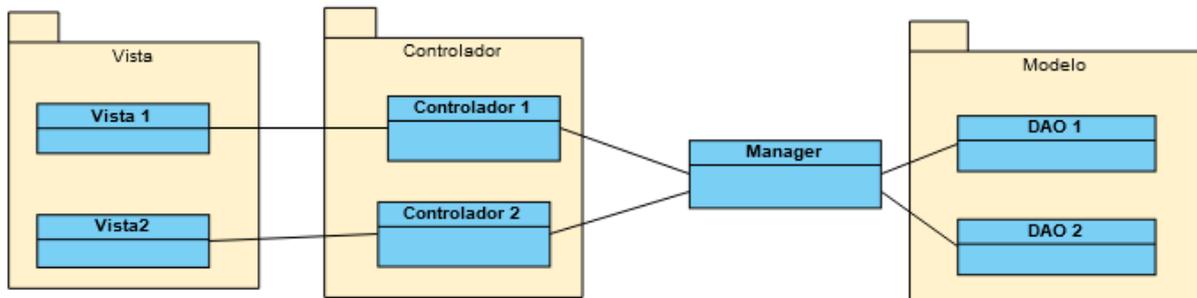


Figura 4.13: Diagrama de clases explicativo del patrón *Singleton*.

En esta iteración también se realiza toda la implementación referente a la gestión de usuarios. Que engloba las tareas *Registrarse*, *Identificarse* y *Eliminar Cuenta* como se puede ver en el diagrama de casos de uso de la figura Fig.4.1.

4.3.3.1 Registrarse.

Cuando un nuevo usuario quiera utilizar la aplicación, antes deberá darse de alta. Para ello tendrá que introducir la siguiente información de forma obligatoria: DNI, Nombre y Contraseña.

En el caso del campo DNI debe ser un valor que no exista ya en la base de datos, ya que éste se usa para el acceso a la herramienta. Por lo tanto, no pueden existir en la aplicación dos usuarios con el mismo DNI. En caso de intentarlo, se mostrará un mensaje de error.

Con el fin de evitar un posible error por parte del usuario al introducir la contraseña, ésta se pide dos veces. Si éste introduce en ambos campos la misma contraseña, que deberá tener más de cuatro caracteres, se creará el nuevo usuario. En el caso de que el usuario haya introducido contraseñas diferentes en cada campo o que la contraseña elegida tenga menos de cuatro caracteres se mostrará un mensaje de error.

Cuando el usuario finalice el proceso de registro, accederá directamente a la aplicación como sin tener que identificarse otra vez. En la Fig. 4.14 se muestra la interfaz para registrarse en el sistema.

4.3.3.2 Identificación.

Una vez se haya registrado exitosamente en el sistema, cada vez que desee acceder a la aplicación el usuario deberá identificarse. Para ello, la información requerida consta de dos campos DNI y Contraseña. Además, desde esta interfaz, representada en la Fig 4.15, se puede acceder al Manual de Usuario de la herramienta sin necesidad de identificarse o haberse registrado previamente.

Cuando el usuario introduzca los campos requeridos y pulse sobre el botón de “Entrar”, si los ha completado correctamente la herramienta le redireccionará automáticamente al menú principal del sistema, desde donde podrá empezar a utilizar el resto de funcionalidades. Además, en la barra de menú situada en la parte superior de la página aparecerá su nombre de usuario. En el caso de que no introduzca correctamente alguno de los campos, se mostrará un mensaje de error.

Regístrate para acceder a esta aplicación

Usuario	<input type="text" value="DNI"/>
	DNI sin letra (sin 0 a la izquierda en el caso que haya)
Password	<input type="password" value="*****"/>
Repeat password	<input type="password" value="*****"/>
Nombre	<input type="text"/>
	<input type="button" value="Registrar"/>

Figura 4.14: Interfaz para registrarse en el sistema

MAFD APP: Monitorization for Academic Failure Detection

Identificate para acceder a la herramienta



[¿Necesitas ayuda?](#)

[¿Has olvidado tu contraseña?](#)

[Registrarse](#)

Figura 4.15: Interfaz para identificarse y acceder al sistema.

4.3.3.3 Eliminar cuenta.

Una vez que se haya identificado y haya podido acceder al sistema, el usuario podrá eliminar su cuenta. Con esto borrará toda la información relacionada con él que esté almacenada en la base de datos. Para eliminar su cuenta, el usuario deberá hacer clic sobre su nombre situado en la barra de menú del sistema y esto le redireccionará a su perfil, desde donde podrá cambiar la contraseña o eliminar su cuenta.

4.3.4 Iteración 7. Diseño e implementación del módulo de importación de datos y carga en la base de datos.

En esta iteración se ha implementado el módulo cuya funcionalidad consiste en extraer la información de los alumnos de cursos anteriores y la información relativa a la configuración interna de la asignatura y almacenarla en la base de datos.

Para obtener la configuración interna de una asignatura, será necesario la elaboración de un archivo de

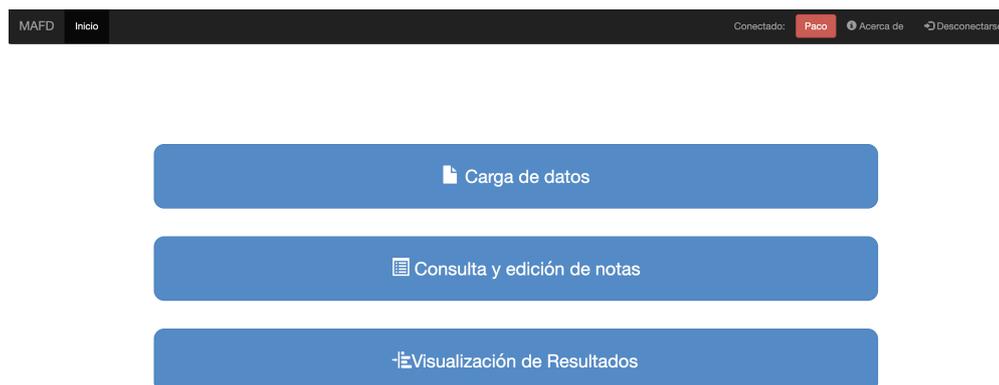


Figura 4.16: Menú principal de la herramienta.

configuración por parte del usuario, en el que se describa la composición de pruebas, pesos y relaciones entre pruebas que posee dicha asignatura. Este archivo siempre debe seguir un formato específico, de lo contrario la herramienta no será capaz de interpretarlo. A continuación, se describe detalladamente dicho formato:

- **Nombre del archivo.** El nombre del archivo vendrá definido por el nombre de la asignatura y el curso en el que se imparte separados por un guión bajo “_” (*NombreAsignatura_Curso*). El nombre no podrá contener caracteres extraños (% , # , ç , etc), tildes ni la letra ñ característica del alfabeto castellano. Siguiendo estas reglas, el nombre del archivo utilizado en el desarrollo de esta herramienta ha sido: “**Informatica_1**”.
- **Contenido**
 - **Pruebas.** Cada prueba y su configuración irá definida en una línea del archivo. Cada una de estas líneas empezará por el carácter “%”. A continuación, separados por “;” se definirán por este orden: el nombre de la prueba, el orden que ocupa en la asignatura, la nota mínima, la nota de corte y la nota máxima que se puede obtener en esta prueba. Al final de cada línea se incluirá el carácter “/”, para indicar al sistema que la línea acaba ahí.
 - **Relaciones entre pruebas.** Para definir las relaciones entre pruebas, se realizará de igual manera que las pruebas, es decir, una relación por línea separando los elementos por “;” y cerrando la línea con “/” . Sin embargo, para indicarle al sistema que la información que está tratando es la referente a las relaciones, el carácter con el que se empieza la línea será “#”. Si una prueba tiene relaciones con varias pruebas, se definirá una por cada línea.
- **Extensión.** Este archivo será un archivo plano sin extensión.

En List.4.2 se puede ver el contenido del archivo *Informatica_1* creado bajo este formato.

Para obtener la información referente a las calificaciones de los alumnos que realizaron la asignatura en cursos anteriores, el usuario deberá crear una hoja de cálculo de *Microsoft Excel*, siguiendo también un formato específico. Bajo este formato se definirán en orden las siguientes columnas:

- **Número.** Esta columna contendrá la información referida al identificador del alumno, normalmente su DNI sin letra. En este TFG, a los alumnos de años anteriores se les asigna un número de secuencia para proteger su identidad.

Listado 4.2: Archivo de configuración de la asignatura Informática

```

1 %;T1;1;0;0.5;1/
2 %;T2;2;0;1;2/
3 %;T3;3;0;0.5;1/
4 %;T4;4;0;0.75;1.5/
5 %;T5;5;0;1.5;3/
6 %;T6;6;0;0.75;1.5/
7
8 #;T4;T5/
9 #;T4;T6/
10 #;T5;T6/

```

- **Curso.** Esta columna representa el curso escolar en el que el alumno ha cursado la asignatura. Puede darse el caso de que el mismo alumno cursara la asignatura en más de un curso académico debido a que no la superó en la primera oportunidad. Para definir el curso académico se incluirán los dos años que engloba este período de tiempo separados por un guión, sin ningún tipo de espacio (*Año1-Año2*).
- **Pruebas.** A continuación, se añaden las columnas referentes a las pruebas que componen la asignatura y las calificaciones que han obtenido los alumnos en ellas. Se definirán tantas columnas como pruebas tenga la asignatura a analizar. En el encabezado de la tabla, vendrá definido el nombre de cada prueba en su columna correspondiente.

A continuación (Fig.4.17), se puede ver una pequeña muestra de los datos de los 20 primeros alumnos tras su preparación según estas reglas y la estructura de pruebas definida en la sección 4.2.1.

A	B	C	D	E	F	G	H
Nº	Año	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	2011-2012	NP	1,28	0,75	0,7125	1,8	1,5
2	2011-2012	0,5	NP	0	NP	NP	0
3	2011-2012	0,5	1,42	0,64	0,225	NP	0,2
4	2011-2012	0,5	0,84	0,86	0,6	NP	0,1
5	2011-2012	0,5	NP	NP	NP	NP	0
6	2011-2012	0,5	0,47	0,75	0,6	0	0,7
7	2011-2012	0,5	0,8	0,8	0,6	1,5	0,5
8	2011-2012	0,5	1,55	0,81	0,825	3	1,3
9	2011-2012	0,5	1,95	0,89	1,275	2,775	1,5
10	2011-2012	0,5	0,6	0,86	NP	0	0
11	2011-2012	0,5	1,8	1	0,9375	1,2	0,4
12	2011-2012	0,5	NP	NP	NP	NP	0
13	2011-2012	0,5	1,24	0,75	0,825	1,35	1,5
14	2011-2012	0,5	1,3	0,8	0,75	2,325	1,3
15	2011-2012	0,5	1,8	1	0,7875	0,375	0,75
16	2011-2012	0,5	1,18	0,65	0,9	0,9	0,4
17	2011-2012	0,5	NP	NP	NP	NP	0
18	2011-2012	0,5	NP	0	NP	NP	0
19	2011-2012	0,5	1,48	0,89	1,35	2,55	1,5

Figura 4.17: Muestra obtenida de los datos que se utilizan en este proyecto tras su preparación.

Para realizar la carga de estos archivos se ha implementado una vista desde la que el usuario podrá cargar ambos para su análisis y transformación en datos compatibles con el sistema de almacenamiento. A esta vista se accede tras pulsar el botón "Carga de datos" del menú principal de la herramienta (Fig.4.16). En la Fig. 4.18 se puede observar dicha interfaz.

En lo que respecta a la parte del dominio, se han implementado los métodos necesarios para hacer la extracción de información de los archivos cargados. Para realizar la lectura del archivo de configuración de la asignatura no se necesita ninguna librería en especial, se ha realizado . Sin embargo, para la lectura y posterior extracción de información del archivo con las calificaciones de los alumnos de años anteriores se ha utilizado la librería *Apache-POI*, la cual nos permite extraer toda la información posible de las hojas de cálculo de *Microsoft Excel*.

Tras realizar la carga de estos archivos y tener en la herramienta la asignatura ya configurada y las calificaciones de los alumnos de cursos pasados, se puede visualizar el histórico de calificaciones mediante una

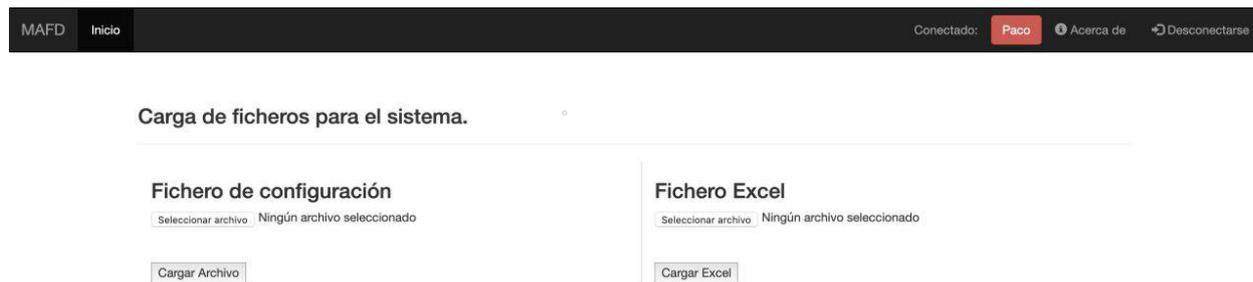


Figura 4.18: Interfaz desde donde se realiza la carga de archivos en el sistema.

tabla que muestra la información de una manera clara y ordenada como se puede ver en la Fig. 4.19.

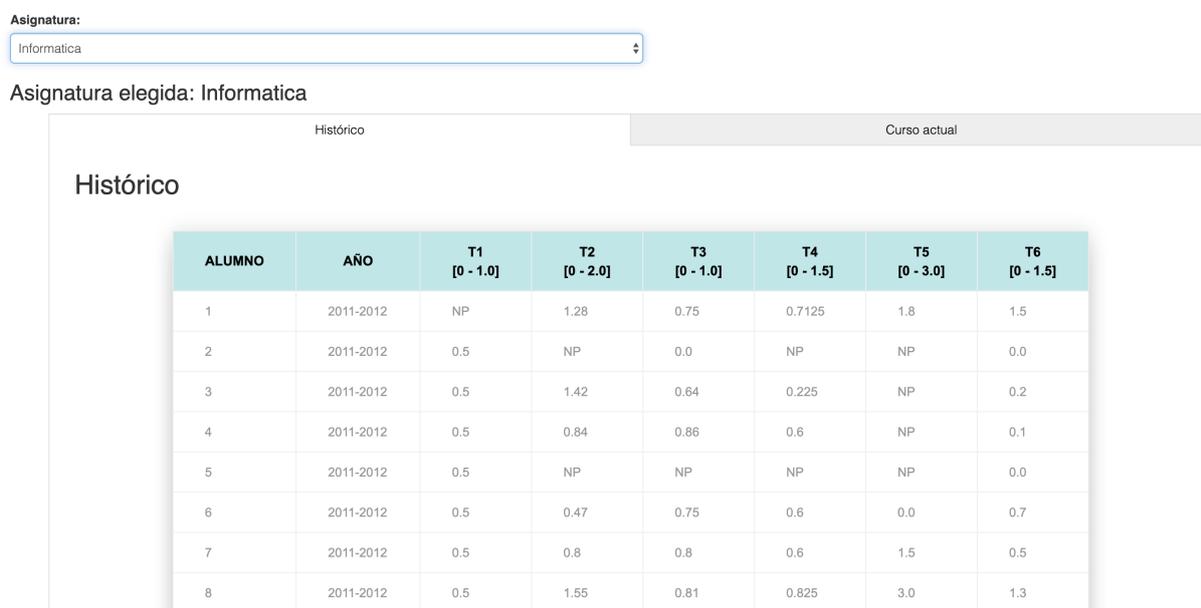


Figura 4.19: Tabla que muestra el histórico de calificaciones de una asignatura.

Para acceder a esta interfaz, el usuario debe pulsar sobre el botón “Consulta y edición de notas” del menú principal de la herramienta (Fig.4.16). Una vez se haya accedido a la vista deseada, habrá que situarse en la pestaña “Histórico” del *tabPanel* y bastará con seleccionar la asignatura que se quiera en el *comboBox* situado arriba a la izquierda, para que la información relativa a esta asignatura se cargue automáticamente.

Como se puede ver, esta tabla se compone de las mismas columnas que tiene el fichero de calificaciones y se dividen en dos columnas fijas (Alumno y Año), y una serie de columnas, que se corresponden con las pruebas de la asignatura seleccionada, generadas dinámicamente en función del número de pruebas que tenga dicha asignatura. Además, se incluye debajo del título de cada prueba un intervalo que va desde la nota mínima a la nota máxima de dicha prueba para facilitar al usuario la lectura y comprensión de los datos.

A pesar de generarse dinámicamente, se trata de una tabla estática, esto quiere decir que el usuario no puede interactuar con ella, solo consultar la información. Aunque a simple vista esto pueda parece inútil, esta tabla presenta una gran utilidad ya que, puede dar al usuario una idea general de los resultados que se obtienen en esta asignatura con un simple vistazo rápido.

4.3.5 Iteración 8. Implementación del modelo formal.

En esta iteración se ha realizado la implementación del modelo formal desarrollado en el PT1 para el cálculo del factor de riesgo de los alumnos. También se han incluido las funcionalidades referentes a la gestión de alumnos del curso actual. Finalmente, se han implementado una serie de gráficos realizados mediante la librería *Amcharts* para presentar la información de un modo atractivo y sencillo.

Para la implementación del modelo, se ha creado una clase llamada “Modelo” en la que se han trasladado al código las funciones que se establecieron durante la definición del modelo formal en las primeras iteraciones del proyecto. La comunicación de las vistas con esta clase se realiza a través del *Manager* siguiendo el patrón *Singleton*. Una vez establecido el modelo, se han implementado las funcionalidades referentes a la gestión de alumnos del curso actual.

Tanto la visualización del grado de riesgo calculado por el modelo como la gestión de los alumnos, se realiza desde la misma interfaz. Esta vista es la misma desde la que se puede visualizar el histórico de calificaciones de la asignatura, por lo que para acceder a ella también se debe hacer pulsando sobre el botón “Consulta y edición de notas” del menú principal. Sin embargo, esta vez hay que situarse en la pestaña “Curso Actual” del *tabPanel* antes de seleccionar la asignatura. Cuando esta sea seleccionada, el sistema calcula automáticamente cual es el curso actual y presenta la información de los alumnos pertenecientes a él.

La información se presentará en una tabla similar a la que se puede observar en la Fig.4.19. No obstante, como se aprecia en la Fig.4.20, existen una serie de diferencias importantes en cuanto a la configuración de columnas se refiere:

Asignatura:
Informatica

Asignatura elegida: Informatica

Histórico
Curso actual

Curso actual

Curso: 2018 - 2019

Nota mínima: 0 Nota de corte: 0.5 Nota máxima: 1

ALUMNO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	GRADO DE RIESGO	+ AÑADIR ALUMNO
552	1.0	2.0	1.0	1.5	3.0	1.5	8.17%	
553	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91.50%	
44444	1	0	0.5				54.52%	
6666	0	1	0				82.62%	

Figura 4.20: Tabla que muestra las calificaciones y el grado de alerta de los alumnos del curso actual.

- La columna *Año* no existe. Esto se debe a que no es necesario incluir esta información puesto que todos los alumnos se encuentran en el mismo curso académico.
- Columna *Grado de Riesgo*. Se añade esta columna en la que para cada alumno, mostrará una barra de progreso en la que se representará el factor de riesgo asociado a él. El factor de riesgo vendrá calculado por la implementación del modelo formal en el sistema y según sea su valor, se le asignará uno de estos tres estados (Sin riesgo, Riesgo moderado, Alto riesgo). Cada estado estará representado por un color característico de la barra de progreso.
 - **Sin riesgo.** El factor de riesgo está en el intervalo $[0,40]$. Se representa mediante una barra de color verde.
 - **Riesgo moderado.** El factor de riesgo se encuentra en el intervalo $[40,60]$. Se representa mediante una barra de color amarillo.

- **Alto riesgo.** El factor de riesgo es superior a 60. Se representa mediante una barra de color rojo.
- Columna para las funcionalidades de la gestión de alumnos. En esta columna se situarán los botones que permite realizar la gestión de alumnos, desde aquí se podrán crear nuevos alumnos, editar la información de los ya existentes o borrar un alumno del sistema.

4.3.5.1 Gestión de alumnos

En el caso de que todavía no se haya introducido la información de ningún alumno, se mostrará simplemente el encabezado de la tabla como se muestra en la imagen Fig.4.21 y tras presionar sobre el botón “Añadir alumnos” se añadirá una entrada en blanco a la tabla, lista para ser completada.

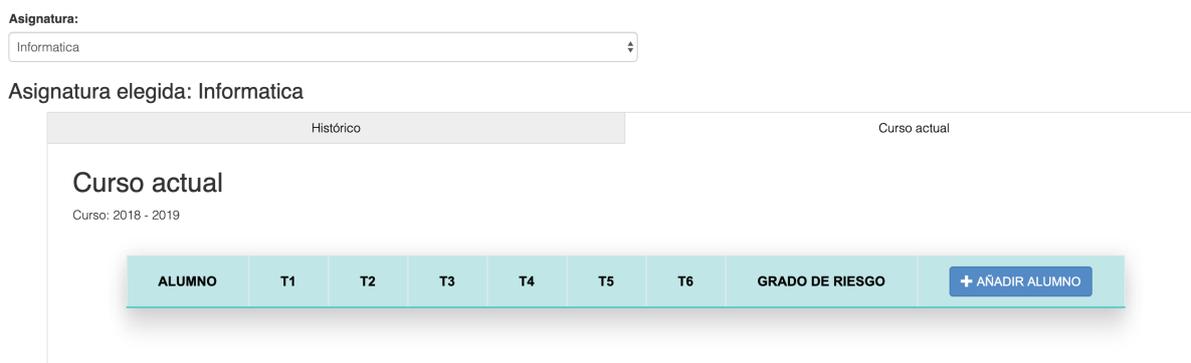


Figura 4.21: Tabla que muestra el histórico de calificaciones de una asignatura.

Crear alumno. Para crear un nuevo alumno, el usuario deberá pulsar el botón *Añadir Alumno*. Al pulsar este botón, se generará una nueva fila en blanco. Si el usuario completa el campo correspondiente de la columna *Alumno* y hace clic sobre el icono de guardar de su misma fila, el alumno quedará almacenado en la base de datos.

A la hora de introducir las calificaciones para las respectivas pruebas, el usuario solo deberá introducir su valor en la celda correspondiente y tras pulsa sobre el icono de guardar, la información quedará almacenada en la base de datos y se lanzará el proceso de cálculo del factor de riesgo.

Modificar alumno. Para modificar los registros de las calificaciones, el usuario deberá situarse en la celda correspondiente y borrar el antiguo valor. Tras insertar el nuevo valor y hacer clic en el icono de guardar el sistema sobrescribirá la nota o notas correspondientes. Una vez se haya sobrescrito el valor de la nueva nota en la base de datos, se lanzará de nuevo el proceso de cálculo de factor de riesgo.

Eliminar alumno. Para eliminar la información de un alumno en el curso actual el usuario debe hacer clic sobre el icono de borrar de su fila. Una vez se haya pulsado este botón, el sistema mostrará un mensaje de aviso, si se continua con el proceso, se eliminará toda la información referente a ese alumno en el curso actual. Destacar que si el alumno ha cursado la asignatura en años anteriores, esta información no se borrará porque forma parte del histórico de la asignatura. Cada vez que se elimine el registro de un alumno, se lanzará el proceso del cálculo de factor de riesgo de nuevo.

4.3.5.2 Visualización de resultados.

Para facilitar la comprensión de los resultados y para que el usuario pueda tener una visión más general de la evolución de los alumnos del curso actual con respecto a los alumnos que cursaron la asignatura

en años anteriores, se ha creado una interfaz en la que el usuario podrá ver una serie de gráficos que le proporcionen esta información.

Para acceder a esta interfaz el usuario deberá pulsar sobre el botón “Visualización de Resultados” del menú principal (Fig.4.16). Y una vez haya seleccionado la asignatura en el *comboBox* situado en la parte superior izquierda de la página, se cargarán automáticamente una serie de gráficos personalizados para la asignatura seleccionada. A continuación, se explica más detalladamente cada uno de estos gráficos y la intención con la que se han incluido en el sistema:

Con el fin de proporcionar al usuario una imagen general de la estructura de la asignatura, que le permita conocer los detalles de su composición con una simple mirada se ha creado un gráfico de burbujas. En este gráfico se busca representar las pruebas que la componen y la relación entre ellas, así como cuales de estas pruebas presentan un mayor número de alumnos suspensos.

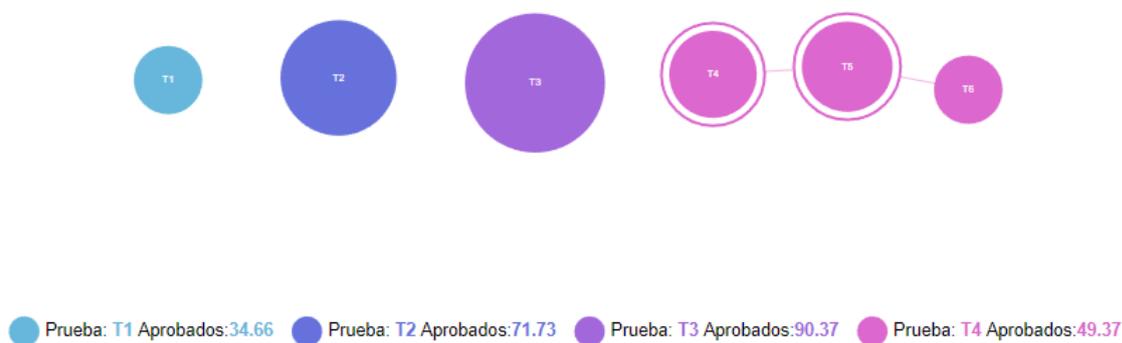


Figura 4.22: Gráfico que muestra el número de pruebas y las relaciones entre ellas.

Como se observa en la Fig.4.22, el usuario puede obtener una rápida comprensión de las diferentes pruebas que componen la asignatura de Informática y las relaciones existentes entre ellas. Cada uno de los círculos de los que está compuesto el gráfico representa una prueba y su tamaño viene dado por el porcentaje de alumnos que aprueban cada una de ellas, es decir, cuanto mayor sea el círculo significará que el porcentaje de alumnos que superan esa prueba es mayor. Para identificar las pruebas que están relacionadas entre sí, el usuario solo debe fijarse en los círculos que estén conectados, una unión entre dos círculos significa que las pruebas que representan están relacionadas.

Una vez el usuario tiene una visión detallada de la composición de la asignatura, necesita conocer el grado de alerta de los alumnos que cursan dicha asignatura. Para proporcionarle una imagen general del estado de la clase y evitar así que el usuario tenga que estar constantemente accediendo a la tabla donde realiza el seguimiento de los alumnos, se ha implementado un diagrama de sectores circulares

El grado de alerta, al igual que se muestra en la tabla de la Fig. 4.20, puede tener tres estados (*Sin riesgo*, *Riesgo moderado*, *Alto riesgo*), y dependiendo del valor del factor de riesgo que tiene asociado cada alumno se le asignará un estado u otro. Cada uno de ellos está representado por un color característico que facilitará su reconocimiento por parte del usuario, ya que se han asignado bajo unos criterios que todas las personas tienen asimilados (Rojo: alerta; Amarillo: advertencia; Verde: estabilidad/seguridad).

En la Fig.4.23 se puede observar este gráfico de sectores circulares que representa el grado de alerta que tienen asociado los alumnos del curso actual. Donde el tamaño de los sectores, viene determinado por el porcentaje de alumnos, en base al total de la clase, que se encuentra en cada uno de los diferentes estados descritos anteriormente.

Con la idea de proporcionarle al profesor más información relativa a la clase actual, se han implementado dos gráficos que permiten al profesor realizar una comparativa entre los resultados de los alumnos de esta clase y los alumnos que han ido pasando por la asignatura a lo largo de los años.

Porcentaje (%) de alumnos en riesgo. Curso: 2018 - 2019

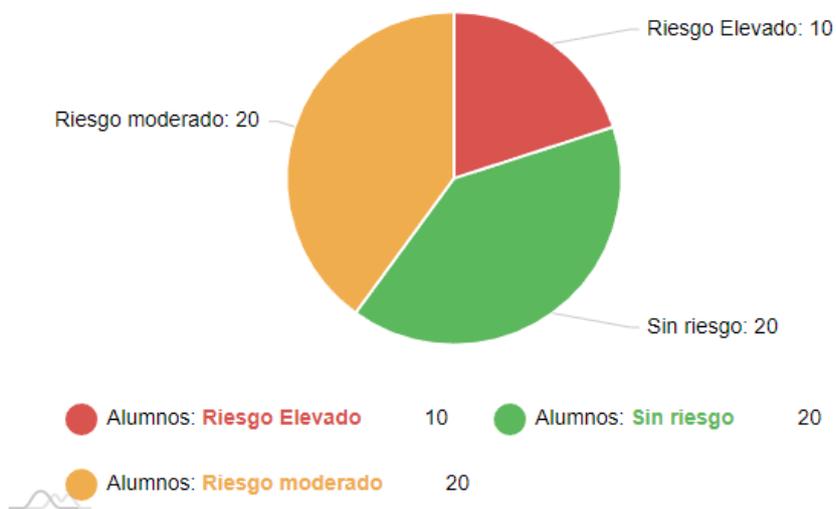


Figura 4.23: Gráfico que muestra los alumnos del curso actual que están en alerta de suspender la asignatura.

En el primero de ellos, mostrado en la Fig.4.24, el usuario puede consultar el porcentaje de alumnos aprobados en cada uno de los cursos académicos que están registrados en el sistema en un gráfico de tendencias. Este gráfico resulta muy interesante ya que con un simple vistazo, el usuario podrá comprobar si la clase actual ha sido un buen curso, o por el contrario, sus resultados han sido inferiores respecto a cursos anteriores.

Número de alumnos aprobados anualmente

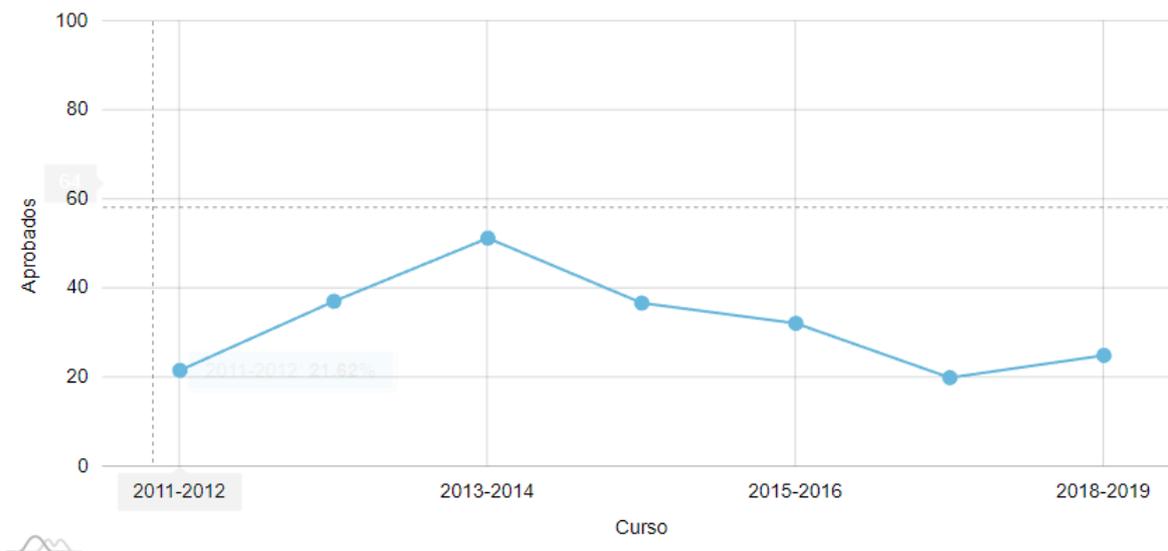


Figura 4.24: Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos aprobados en cada curso académico.

En el segundo de estos gráficos, mostrado en la Fig.4.25, se puede observar una comparativa de los alumnos del curso actual y los alumnos de años anteriores entre el porcentaje de alumnos que supera cada una de las distintas pruebas que componen la asignatura. Para cada prueba hay una pestaña distinta del *tabPanel* en la que se muestra una comparativa entre el histórico de alumnos y los alumnos pertenecientes

al curso actual.

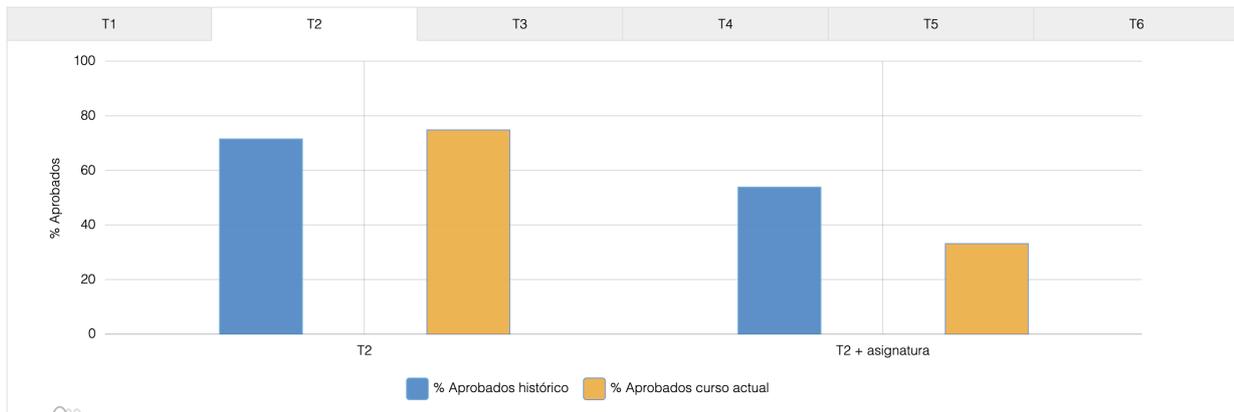


Figura 4.25: Gráfico que muestra el porcentaje de alumnos aprobados en cada curso académico.

Además, también se muestra, para cada una de las pruebas, la relación existente entre aprobar una prueba y terminar aprobando la asignatura y se realiza una comparación sobre esta proporción entre los alumnos actuales y la media de los alumnos históricos de la asignatura.

4.3.6 Iteración 9. Pruebas y evaluación del sistema.

4.3.6.1 Prueba de la herramienta

En esta última iteración, se han llevado a cabo las pruebas para la evaluación del sistema. Para ello, se va a simular un **caso ficticio** que agrupe la realización de todas las funcionalidades del sistema y compruebe su funcionamiento.

Para realizar estas pruebas, se ha creado una nueva asignatura llamada “Cálculo”. Esta asignatura se cursa durante el primer año del grado en Ingeniería Informática de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Se valora sobre un total de 10 puntos y está formada por las siguientes pruebas:

- **T₁: Test de repaso.** Esta prueba consiste en la realización de un test de 15 preguntas sobre el Tema 0 de la asignatura, un tema de introducción que consiste en reforzar una serie de conceptos que serán fundamentales en el futuro. Tiene un valor de 1,5 puntos sobre el global de la asignatura.
- **T₂: Primer examen parcial.** Este primer examen parcial comprende los contenidos de los temas 1, 2 y 3 de la asignatura y tienen un valor de 2,5 puntos sobre el global.
- **T₃: Segundo examen parcial.** Esta prueba trata de la realización del segundo examen parcial de la asignatura que comprende los temas 4 y 5. El contenido de estos temas está relacionado con el tema 3 por lo que los alumnos que suspenden la prueba, no suelen superar esta. Tiene un peso de 2,5 puntos en la asignatura.
- **T₄: Examen de laboratorio.** Esta prueba consiste en la realización de un examen para comprobar lo aprendido en la parte de laboratorio. Su valor en la asignatura es de 1,5 puntos.
- **T₅: Trabajo teórico de la asignatura.** La última prueba de la asignatura consiste en la entrega y presentación de un trabajo teórico sobre una lista de temas que publique el profesor. Tiene un valor de 2 puntos.

Con la intención de incluir esta herramienta en su metodología, el año pasado se empezaron a registrar los datos de los alumnos en un documento *Excel* por lo que el histórico de calificaciones solo lo forman los alumnos pertenecientes al curso anterior.

Para comprobar el correcto funcionamiento de la herramienta, se ha escogido un grupo de 10 alumnos entre los alumnos que han cursado la asignatura este año. De estos 10 alumnos elegidos con ID comprendido en el intervalo [111 - 120], terminarán aprobando la asignatura 6, concretamente los alumnos con ID {111, 113, 116, 118, 119 y 120} y suspenderán los 4 restantes {112,114,115 y 117}. Tanto la tabla donde se pueden consultar estos datos como la que contiene el histórico de calificaciones de la asignatura están disponibles para su consulta en el Anexo B de este documento.

El objetivo de estas pruebas, además de comprobar las distintas funcionalidades de la herramienta, es observar el comportamiento del modelo que integra aplicándolo en otra asignatura con un número de pruebas diferente, con distinto peso en la asignatura y distintas relaciones entre ellas. Para ello, se han registrado individualmente las pruebas en el sistema y se ha observado si las predicciones que realiza el modelo integrado se identifican con lo que les termina sucediendo a estos alumnos. También es importante detectar a partir de qué punto el sistema ya detecta un comportamiento futuro que se termina cumpliendo.

Para empezar con las pruebas, se va a registrar un nuevo usuario en el sistema a través de la interfaz habilitada para ello. En la Fig.4.26 se muestra este proceso.

Usuario
 DNI sin letra (sin 0 a la izquierda en el caso que haya)

Password

Repeat password

Nombre

Figura 4.26: Registro del usuario de pruebas.

Una vez registrado, el sistema identifica al usuario automáticamente y lo redirecciona al menú principal de la herramienta. Pero para comprobar que el proceso de identificación funciona correctamente, el usuario debe desconectarse del sistema pulsando sobre el botón “Desconectarse” situado a la derecha del menú superior. Una vez haya realizado *logout* con éxito el sistema le redirecciona a la interfaz de *login*. Donde tras introducir los datos necesarios, tal y como se muestra en la Fig.4.27, y pulsar el botón entrar, el sistema verifica la identidad y permite el inicio de sesión.

Una vez se ha accedido a la aplicación, el usuario debe realizar la carga de archivos, para ello hay que dirigirse a la interfaz específicamente diseñada para este cometido. Aquí se va a cargar el archivo de configuración de la asignatura (Listado 4.3) y el archivo *Excel* con el histórico de calificaciones.

Listado 4.3: Archivo de configuración de la asignatura Cálculo

```

1   %; T1 ; 1 ; 0 ; 0.75 ; 1.5 /
2   %; T2 ; 2 ; 0 ; 1.25 ; 2.5 /
3   %; T3 ; 3 ; 0 ; 1.25 ; 2.5 /
4   %; T4 ; 4 ; 0 ; 0.75 ; 1.5 /
5   %; T5 ; 5 ; 0 ; 1 ; 2 /
6
7   # ; T2 ; T3 /

```

Figura 4.27: Identificación del usuario de pruebas.

Una vez haya cargado esta información en el sistema, se puede consultar el histórico de calificaciones para la nueva asignatura introducida en el sistema, tal y como se puede observar en la Fig.4.28.

MAFD Inicio Conectado: **Pepe** [Acerca de](#) [Desconectarse](#)

Asignatura:

Asignatura elegida: Calculo

Histórico		Curso actual				
Histórico						
ALUMNO	AÑO	T1 [0 - 1.5]	T2 [0 - 2.5]	T3 [0 - 2.5]	T4 [0 - 1.5]	T5 [0 - 2.0]
1	2017-2018	NP	1.3	1.7	1.0	1.8
2	2017-2018	0.5	0.9	0.6	NP	NP
3	2017-2018	1.0	1.42	1.9	0.75	1.3
4	2017-2018	0.4	0.84	0.86	0.6	NP
5	2017-2018	0.0	NP	NP	NP	NP
6	2017-2018	1.3	2.1	2.0	1.2	1.7
7	2017-2018	0.75	0.8	0.8	0.8	1.5
8	2017-2018	0.9	1.55	1.4	0.825	1.0
9	2017-2018	1.1	1.95	1.7	1.275	1.775

Figura 4.28: Histórico de calificaciones de la asignatura Cálculo

Una vez se han probado estas primeras funcionalidades es el momento de comprobar si el modelo formal integrado en la herramienta está funcionando correctamente. A continuación, se muestra análisis detallado de las predicciones que va realizando la herramienta a medida que se van realizando pruebas.

Prueba 1. A la hora de analizar las predicciones proporcionadas por la herramienta, se debe tener en cuenta que esta es la primera prueba que se realiza. Por lo tanto, el modelo todavía no tiene una base muy

sólida sobre la que trabajar. Sin embargo, si se analizan los resultados presentados en la Fig.4.29 y Fig.4.30, se ve que son significativos, cuando menor es la nota de un alumno, mayor es el grado de riesgo de suspender que presenta.

ALUMNO	T1	T2	T3	T4	T5	GRADO DE RIESGO	+ AÑADIR ALUMNO
111	0.8					 50.20%	 
112	0.5					 69.86%	 
113	1					 43.54%	 
114	0.6					 67.08%	 
115	0					 83.75%	 

Figura 4.29: Grado de alerta tras la primera prueba (1)

116	1.2					 36.87%	 
117	0.75					 51.87%	 
118	0.9					 46.87%	 
119	1.1					 40.20%	 
120	1					 43.54%	 

Figura 4.30: Grado de alerta tras la primera prueba (2)

Como se puede ver inicialmente el sistema asigna a la mayoría de alumnos un grado alto de riesgo, esto se debe a que en el histórico de calificaciones no existen muchos casos (debido a su reducido tamaño) en los que los alumnos suspendan la primera prueba y terminen aprobando la asignatura. Pero a medida que el curso va evolucionando, ese nivel de riesgo se irá ajustando de forma progresiva.

Prueba 2. En la segunda prueba como se ve en la Fig.4.31 y en Fig.4.32, ya se empiezan a ajustar las predicciones, esto se debe a que el modelo implementado tiene capacidad de progreso, es decir, a medida que se van registrando nuevos datos, el cálculo de probabilidades es más fiable. Se observa que algunos alumnos ya se diferencian claramente de otros. Negativamente destaca sobretodo el alumno 115, a quien la herramienta le asigna un factor de riesgo de casi el 92 % en una etapa tan temprana como es la segunda prueba. Este valor tan elevado parece indicar claramente que este alumno va a terminar suspendiendo la asignatura y es debido a las calificaciones tan bajas que ha obtenido en las 2 primeras pruebas, especialmente en ésta segunda. En las conclusiones que se explican al término de estas pruebas se explica por qué.

Si se siguen analizando los resultados de esta segunda predicción, se puede ver como hay 3 alumnos con un bajo factor de riesgo asociado, entorno al 30 %. Estos alumnos, al final de la asignatura aprueban todos, por

lo que se podría afirmar, que desde la segunda prueba, el modelo ya preveía este comportamiento. De los 6 alumnos restantes, 4 tienen asociado un alto grado de riesgo, con un valor por encima de un 60 %. Por lo que, en principio tienen una alta posibilidad de suspender la asignatura. Sin embargo, es interesante seguir analizando su comportamiento en las siguientes pruebas.

Lo mismo sucede con los alumnos 111 y 118, los cuales tienen un riesgo moderado de suspender pero es hay que estar atento a su evolución en futuras pruebas para no llevarse una sorpresa desagradable.

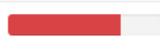
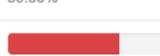
ALUMNO	T1	T2	T3	T4	T5	GRADO DE RIESGO	+ AÑADIR ALUMNO
111	0.8	1.5				 43.71%	 
112	0.5	1.1				 73.67%	 
113	1	1.42				 39.80%	 
114	0.6	1				 72.60%	 
115	0	NP				 91.86%	 
116	1.2	2.2				 39.80%	 

Figura 4.31: Grado de alerta tras la segunda prueba (1)

117	0.75	0.8				 68.60%	 
118	0.9	1.55				 41.15%	 
119	1.1	1.95				 34.04%	 
120	1	1.1				 60.71%	 

Figura 4.32: Grado de alerta tras la segunda prueba (2)

Prueba 3. En esta prueba se remarcan aún más las diferencias entre los que tienen más probabilidades de aprobar y los que claramente tienden al fracaso en la asignatura. Sin embargo, no se aprecian diferencias significativas respecto a lo ya predicho en la prueba anterior. Para obtener un resumen del estado de los alumnos se puede consultar el gráfico característico como se puede ver en la Fig.4.33.

A partir de este momento, los verdaderos sujetos de interés son los que tienen un grado de alerta moderado, lo que significa que todavía no está muy claro si pueden aprobar o suspender. Estos sujetos, como se ve en la Fig.4.34 y Fig.4.35 son el 111 y el 118. También hay que fijarse en el alumno 120, ya que a pesar de estar clasificado como alto riesgo, el valor de su grado de alerta, está rozando la frontera. Por lo que todavía podría remontar.

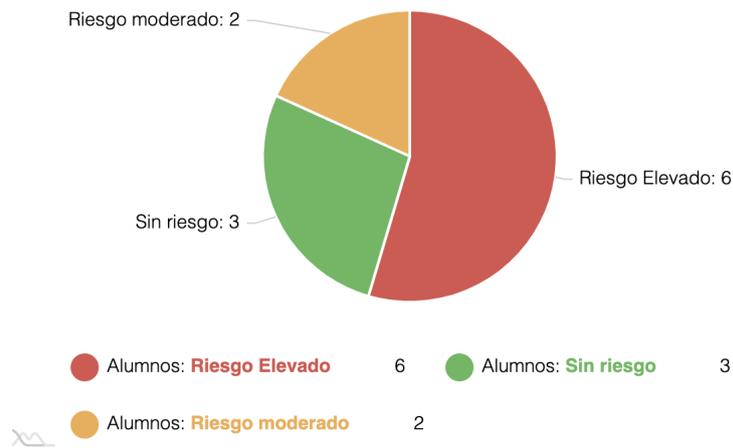


Figura 4.33: Estado de los alumnos tras la tercera prueba.

ALUMNO	T1	T2	T3	T4	T5	GRADO DE RIESGO	+ AÑADIR ALUMNO
111	0.8	1.5	1.7			42.13%	
112	0.5	1.1	0.8			73.03%	
113	1	1.42	1.9			38.66%	
114	0.6	1	0.8			72.42%	
115	0	NP	NP			95.90%	

Figura 4.34: Grado de alerta tras la tercera prueba (1)

115	0	NP	NP			95.90%	
116	1.2	2.2	2.1			29.46%	
117	0.75	0.8	0.8			69.80%	
118	0.9	1.55	1.4			41.13%	
119	1.1	1.95	1.7			34.13%	
120	1	1.1	1			62.53%	

Figura 4.35: Grado de alerta tras la tercera prueba (2)

Prueba 4. En la prueba 4, los estudiantes 113, 116 y 119 aprueban definitivamente la asignatura como ya preveía el modelo que iba a pasar, por lo que ya no merece la pena fijarse en ellos. En esta prueba, destaca el estudiante 111 que consigue aprobar la asignatura cuando las previsiones le asociaban un riesgo moderado, lo cual invitaba a que su aprobado o suspenso se decidiese en la última prueba.

Prueba 5. En la quinta y última prueba, el único suceso inesperado que, a priori, no estaba previsto por el modelo y sucede es que el alumno 120 ha conseguido aprobar así asignatura en la última prueba. El alumno 118 también consigue aprobar la asignatura en la última prueba. Sin embargo, este suceso tenía una mayor probabilidad de ocurrir, ya que su factor de riesgo asociado era menor que el de su compañero, dándole prácticamente por aprobado desde la realización de la cuarta prueba.

Una vez se han registrado los resultados de los alumnos en todas las pruebas que componen la asignatura, mediante la visualización del gráfico 4.36 se pueden ver el % de aprobados de este curso. Como se observa es de un 60 %, mejorando los resultados con respecto al 44,83 % del año pasado.



Figura 4.36: Porcentaje de aprobados por año en la asignatura “Calculo”.

Conclusiones. La herramienta predijo con exactitud el comportamiento de 7 de los 10 estudiantes al finalizar la segunda prueba. Estos resultados son lógicos ya que la segunda prueba tiene un peso bastante grande en la asignatura (25 %). Además los contenidos de la tercera prueba están relacionados con la segunda, por lo que si no se supera la segunda, existen bastantes posibilidades de tampoco superar la tercera. Como se puede ver en la Fig.4.37 menos de un 60 % de los alumnos superan T_2 , pero de estos, el 100 % han superado la asignatura este curso académico y si fijándose en el histórico de la asignatura los resultados son muy parecidos.

Existen algunos casos como los de los estudiantes 111 y 118 que el sistema les asigna un riesgo moderado, los alumnos tienen aproximadamente las mismas posibilidades de suspender la asignatura como de aprobarla. Esto se debe a que todas las notas que van obteniendo están próximas a la nota de corte y un muy mal resultado puede decantar la balanza en su contra.

Como caso extraño, destacar al estudiante 120, que a pesar de asociarle el modelo un factor de alto riesgo en base a los primeros resultados que obtiene, al final consigue aprobar en la última prueba. Este caso era difícil de predecir, no solo por la situación, sino por el escaso número de experiencias pasadas que se han utilizado en este ejemplo. Las cuales son **fundamentales** para que el modelo realice los cálculos de una manera más precisa.

Hay que destacar, como ya se dijo al principio de esta Sección (4.3.6.1), que este es un caso en el que el histórico de datos de donde aprende el modelo es escaso, por lo que las predicciones no han sido todo lo precisas que hubiesen sido en el caso de tener una mayor cantidad de datos de la que aprender. Esta prueba

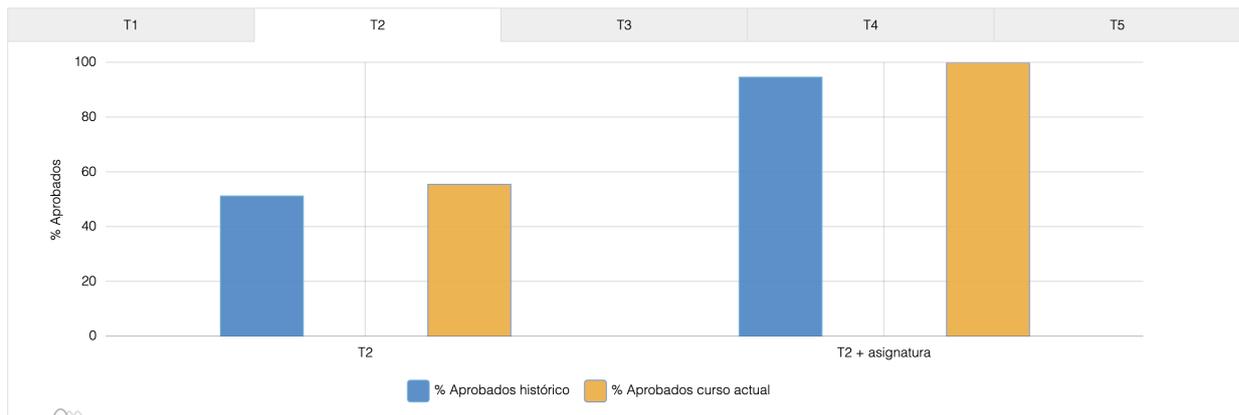


Figura 4.37: Relación de entre aprobar la prueba T_2 y acabar aprobando la asignatura.

se ha realizado para comprobar que la herramienta tanto la herramienta como el modelo formal se adapta a otras asignaturas y a su configuración. Además se ha podido comprobar el comportamiento del modelo frente a la escasez de información.

4.3.6.2 Test de usuario.

Una vez se ha comprobado que la herramienta funciona adecuadamente, se han llevado a cabo una serie de test diseñados para conocer la experiencia del usuario durante su utilización. Este método resulta de gran utilidad para comprobar la usabilidad del sistema, ya que obtiene la retroalimentación directamente de usuarios reales que han estado en contacto con la herramienta.

Como sujetos de pruebas se ha elegido a 10 usuarios que han tenido acceso a la herramienta y han podido navegar entre las diferentes interfaces y las distintas funcionalidades que ofrece la herramienta. Los test que se han elaborado constan de 5 preguntas obligatorias de tipo test en las que solo se puede elegir una opción y una pregunta opcional en la que se le pregunta al usuario que cambios realizaría en la herramienta. A continuación, se analiza en detalle las respuestas obtenidas en cada una de las preguntas.

Visualmente, ¿le ha resultado agradable la interfaz gráfica de la herramienta?

10 respuestas

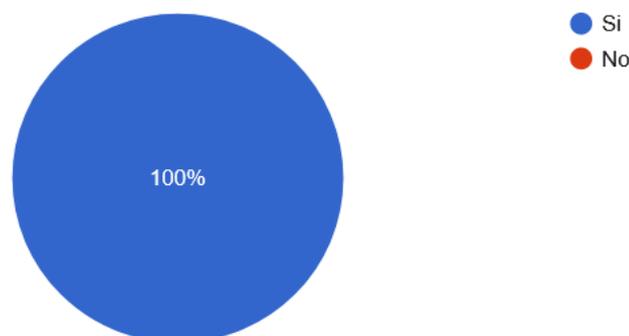


Figura 4.38: Resultados de la primera pregunta del test de usuario.

En la primera pregunta, se ha preguntado al usuario acerca de la sensación de bienestar que le producía la interfaz, es decir, si le resultaba agradable a simple vista o no. Como se puede ver en la figura 4.38, de las 10 personas que han realizado el test, un 100 % ha contestado afirmativamente.

Para la segunda cuestión, se pregunta a los usuarios el grado de comodidad que han experimentado a la hora de utilizar la herramienta. Para poder medir este grado, se han utilizado intervalos numéricos que representan de 1 a 10 este grado de satisfacción.

¿En una escala de 0 a 10 cual ha sido su grado de comodidad al utilizar la herramienta?

10 respuestas

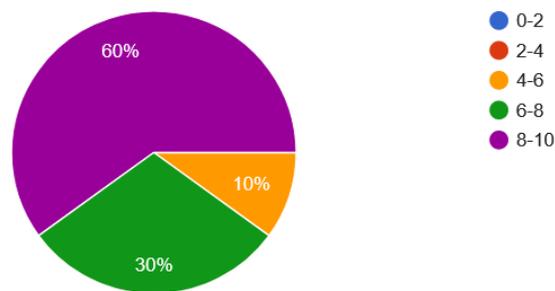


Figura 4.39: Resultados de la segunda pregunta del test de usuario.

Como se puede ver en la figura 4.39, un 60 % de los encuestados ha encontrado la herramienta muy cómoda de utilizar ya que sitúan su grado de comodidad en el intervalo [8-10] que es el más alto. Un 30 % encuentra razonablemente cómoda (intervalo [6-8]) y afortunadamente ningún usuario ha encontrado el uso de la herramienta incómodo o molesto ya que el 10 % restante ha evaluado el grado de comodidad con un aprobado raspado.

¿Qué le parece la manera de organizar la información de los estudiantes mediante las tablas que utiliza la herramienta?

10 respuestas

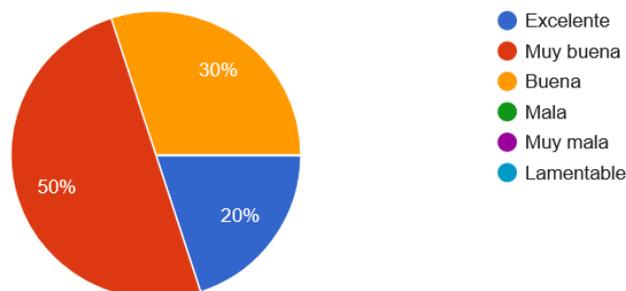


Figura 4.40: Resultados de la tercera pregunta del test de usuario.

En la pregunta número tres, se pide al usuario su opinión acerca de las tablas que organizan la infor-

mación de los alumnos, tanto la que muestra el histórico de calificaciones como las del curso actual. En la Fig.4.40 se observa como un 20 % de los usuarios opina que esta forma de presentar la información es “Excelente”, un 50 % que la califica como “Muy buena ” y el 30 % restante simplemente como “Buena”.

En la cuarta cuestión, se pregunta al usuario si los gráficos destinados a mejorar la comprensión de los resultados de la herramienta cumplen su cometido correctamente. Al igual que en la primera pregunta del cuestionario, el 100 % de los usuarios ha contestado afirmativamente (Fig.4.41), significando esto que los gráficos desempeñan correctamente su función.

¿Los gráficos mostrados le han ayudado a comprender mejor los resultados y a obtener una visión general de la clase?

10 respuestas

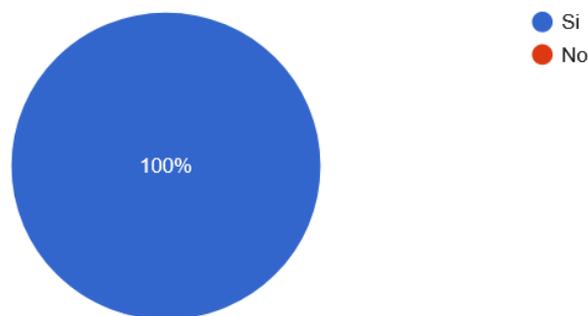


Figura 4.41: Resultados de la cuarta pregunta del test de usuario.

En la quinta y última pregunta de tipo test, se pide al usuario una opinión general acerca de como ha sido su experiencia de uso con la herramienta. Si se observan los resultados obtenidos en esta cuestión, presentados en la Fig.4.42, un 30 % la califica de “Excelente” y un 50 % de “Muy Buena”, por lo que podemos considerar que una gran mayoría de los usuarios (80 %) ha tenido una experiencia de uso muy agradable, mientras que solo un 20 % ha calificado su experiencia como “Buena”.

En la última pregunta del cuestionario, se interroga al usuario acerca de si existe algún aspecto de la herramienta que él cree que se debe mejorar. Esta pregunta no es obligatoria, por lo que no ha sido contestada por todos los usuarios. Como se puede ver en la Fig.4.43, solo existen 7 respuestas, por lo que un 30 % de los usuarios ha dejado esta cuestión sin responder.

Analizando las respuestas obtenidas, parece que hay un criterio común entre los usuarios a la hora de mejorar algún aspecto de la herramienta: de los siete que contestaron, tres realizarían cambios en la interfaz de carga de archivos haciéndola más sencilla. Uno de los encuestados, opina que la aplicación es algo compleja de utilizar y que la haría algo más sencilla. Otro añadiría algún gráfico que detalle más en profundidad la situación de la clase actual, comparando la nota media en cada una de las pruebas con la media de los datos históricos. Mientras que los dos usuarios restantes responden que no cambiarían nada de la herramienta tal y como está actualmente.

¿Cómo describirías, en general, tu experiencia de uso de la herramienta MAFD?

10 respuestas

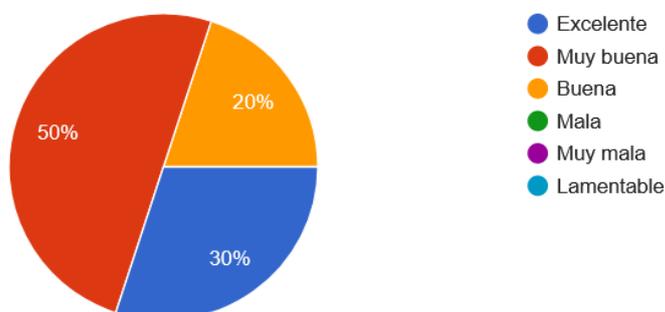


Figura 4.42: Resultados de la quinta pregunta del test de usuario.

Indique algún aspecto que mejoraría de cara a futuras versiones de la herramienta.

7 respuestas

quizá cambiaría el módulo de carga de archivos, con solo un botón de selección y uno de carga y que fuese el sistema quien detectase el tipo de archivo que se está cargando.
Nada que reseñar
Algo mas sencilla quizas
Mostraría algún gráfico más, como la evolución a lo largo de las diferentes pruebas de la nota media de la clase actual comparada con la nota media histórica.
Nada
Unificaría la carga de archivos en un mismo formulario
Solo pondría un botón para la carga de archivos, y que el sistema distinta entre uno u otro automáticamente

Figura 4.43: Resultados de la sexta pregunta del test de usuario.

4.4 OBJETIVOS CUMPLIDOS Y COMPETENCIAS ALCANZADAS.

En esta sección se va a justificar el cumplimiento de los objetivos que se marcaron al inicio del proyecto. Así como las competencias específicas de la rama de *Tecnologías de la Información* que se han adquirido o ampliado durante su cumplimiento.

4.4.1 Objetivos.

El objetivo principal del presente TFG era el diseño de una metodología para la monitorización de la evolución de los estudiantes en una asignatura y la detección temprana de posibles fracasos académicos. Para conseguir realizar con éxito este objetivo, se dividió el diseño de esta metodología en una serie de

objetivos parciales o subobjetivos.

Se puede afirmar que este objetivo principal ha sido totalmente tras la consecución de los subobjetivos en los que se dividía presentados en la Tabla 4.14.

Objetivo	¿Conseguido?
Diseño de un modelo formal para el cálculo del factor de riesgo de fracaso en base a experiencias previas	√
Diseño y desarrollo de un sistema web que haga uso del modelo	√

Tabla 4.14: Cumplimiento de los subobjetivos del proyecto.

A su vez, también puede decirse que se han alcanzado con éxito todos los objetivos docentes propuestos para el desarrollo del proyecto (véase Sección 2.3) En la Tabla 4.15 se presentan estos objetivos así como la sección donde se explica qué tareas se han llevado a cabo para su cumplimiento.

Objetivo	Conseguido	Sección
Profundizar en los conocimientos matemáticos y estadísticos que serán necesarios para la elaboración del modelo formal requerido en este proyecto.	√	4.2.1, 4.2.2, 4.2.3
Adquirir conocimientos de Sistemas Gestores de Bases de Datos para almacenar y gestionar la información necesaria de la forma más adecuada.	√	4.3.2
Reforzar los conocimientos adquiridos en la asignatura Tecnologías y Sistemas Web sobre los lenguajes o tecnologías idóneas para el desarrollo web como <i>HTML5</i> , <i>CSS</i> , <i>JavaScript</i> , <i>Bootstrap</i> o <i>JSP</i> .	√	4.3.3, 4.3.4, 4.3.5
Aplicar sobre la solución a una problemática real los conceptos aprendidos en la asignatura Interacción Persona-Ordenador II, como son el diseño centrado en el usuario, la usabilidad web o la accesibilidad.	√	4.3.3, 4.3.4, 4.3.5
Aprender a usar librerías que faciliten la visualización de datos en aplicaciones web como <i>Amcharts</i> , o aquellas que nos permitan importar documentos exportados de aplicaciones de hojas de cálculo (<i>Microsoft Excel</i> como <i>Apache-POI</i> al lenguaje Java).	√	4.3.3, 4.3.5

Tabla 4.15: Cumplimiento de los objetivos docentes del proyecto.

4.4.2 Competencias de la intensificación.

Tras el cumplimiento de todos los objetivos y por tanto, la finalización del desarrollo de este proyecto, se debe hacer una revisión de las competencias específicas de la intensificación para observar si efectivamente el proyecto se ha realizado en base a ellas:

✓	Tecnologías de la Información
	Computación
	Ingeniería del Software
	Ingeniería de Computadores

Tabla 4.16: Tecnología específica cursada por el alumno.

Tabla 4.17: Competencias alcanzadas por el alumno durante el desarrollo del proyecto.

Competencias	Justificación
Capacidad para comprender el entorno de una organización y sus necesidades en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones.	Para el desarrollo de este TFG, se ha realizado un análisis profundo de la situación del seguimiento individualizado a los estudiantes en el sistema universitario actual. Se han analizado los problemas a los que se enfrentan los profesores a la hora de realizar este seguimiento y finalmente se han estudiado algunas técnicas o aplicaciones ya existentes para ello. Con toda esta información se ha decidido elaborar una metodología que haga frente a esta problemática mejorando las soluciones que ya existen.
Capacidad para seleccionar, desplegar, integrar y gestionar sistemas de información que satisfagan las necesidades de la organización, con los criterios de coste y calidad identificados.	Esta metodología cuenta con un modelo formal que facilite el cálculo del factor de riesgo asociado a un alumno y una herramienta que integra este modelo y facilita al profesor la realización de este seguimiento individualizado a los alumnos.

<p>Capacidad de concebir sistemas, aplicaciones y servicios basados en tecnologías de red, incluyendo Internet, web, comercio electrónico, multimedia, servicios interactivos y computación móvil.</p>	<p>Esta herramienta se implementa mediante un sistema web <i>responsive</i>. Una de las principales razones para que la aplicación esté implementada mediante un sistema web es para facilitar el despliegue de la herramienta y su adopción como parte de su metodología de trabajo por parte del profesor. Entre las ventajas de utilizar una aplicación de este tipo se destaca que no es necesario realizar la instalación y el despliegue del <i>software</i>, se puede utilizar desde cualquier dispositivo y desde cualquier lugar con una conexión a internet. Además, estos sistemas son más resistentes a fallos y los datos almacenados son más seguros ya que no hay que preocuparse por virus o fallos del sistema</p>
<p>Capacidad para emplear metodologías centradas en el usuario y la organización para el desarrollo, evaluación y gestión de aplicaciones y sistemas basados en tecnologías de la información que aseguren la accesibilidad, ergonomía y usabilidad de los sistemas.</p>	<p>Esta aplicación se ha desarrollado siguiendo la filosofía del diseño centrado en el usuario, lo que garantiza que este está de acuerdo con el aspecto final y el funcionamiento de la herramienta. Durante su construcción se han seguido los principios de usabilidad web para hacer la interfaz lo más “amigable” posible, con el objetivo de hacer la experiencia del usuario lo más satisfactoria posible.</p>
<p>Capacidad para seleccionar, diseñar, desplegar, integrar, evaluar, construir, gestionar, explotar y mantener las tecnologías de <i>hardware</i>, <i>software</i> y redes, dentro de los parámetros de coste y calidad adecuados.</p>	<p>El <i>software</i> se ha desarrollado teniendo en cuenta las necesidades tecnológicas de los futuros usuarios. Se ha realizado atravesando las diversas fases de diseño, desarrollo, pruebas e integración para cubrir las mismas. Esto se ha realizado siempre bajo los límites temporales impuestos al principio del proyecto.</p>
<p>Capacidad para comprender, aplicar y gestionar la garantía y seguridad de los sistemas informáticos.</p>	<p>El acceso a la herramienta y a los datos almacenados en ella se realiza mediante una verificación de credenciales, por lo que solo las personas que estén registradas podrán acceder a la información. También se ha garantizado la protección de las identidades de los alumnos que se han tomado como muestra para realizar el histórico de calificaciones del que aprende el modelo formal.</p>

CONCLUSIONES

En el ámbito de una asignatura existen una serie de patrones que representan los resultados académicos de los alumnos. Estos patrones se pueden deducir a partir de las experiencias pasadas de otros alumnos que han cursado la asignatura y, a través de técnicas de aprendizaje asimilarlos para su aplicación en el grupo de alumnos que esté cursando la asignatura, con el objetivo de intentar predecir si estos alumnos pueden terminar superando o no la asignatura y no solo eso, sino también pruebas futuras que estén relacionadas con algunas de las ya pasadas.

Para la aplicación de estos patrones se necesita la realización de un seguimiento detallado de los alumnos por parte del profesorado, en el cual se vaya analizando la situación de cada alumno tras la realización de cada una de las diferentes pruebas o hitos que componen la asignatura y comparándola con los alumnos que estuvieron en su misma situación en cursos pasados. Como se ve a simple vista, esta es una tarea que se vuelve demasiado compleja al enfrentarse a grupos numerosos de alumnos, haciendo casi imposible su realización ya que implicaría una gran cantidad de tiempo de la que generalmente el profesorado no dispone.

Tras analizar el estado de otras técnicas y herramientas similares que se centran en este campo de estudio, se decidió elaborar una metodología compuesta por un **modelo formal** que ayude a identificar estos patrones en base a los datos de cursos anteriores y calcule el factor de riesgo de suspender la asignatura asociado a un alumno, y **una herramienta web** que integre este modelo. Al contrario que estas herramientas, el modelo creado en este TFG tiene en cuenta no sólo los resultados basados en experiencias pasadas, sino también las notas que obtienen los alumnos del mismo curso académico, por lo que si algún factor externo está afectando a todo el grupo de alumnos el sistema lo reflejará en sus predicciones. Además también ofrece la posibilidad de detectar la probabilidad de suspender futuras pruebas relacionadas, lo que añade aún más detalle en el seguimiento del alumno.

Además, frente a la problemática de enfrentarse a grupos numerosos de alumnos que presentaban algunas de las metodologías analizadas, este modelo premia su implementación en grupos numerosos ya que mejora los resultados a medida que la base de conocimiento crece. Cuantos más casos o experiencias nuevas se registren, más fiable es el cálculo de riesgo.

La herramienta que integra este modelo, nace con el propósito de ayudar al profesor a realizar el seguimiento personalizado de los estudiantes en un grupo numeroso de alumnos de una manera más sencilla e intuitiva, permitiéndole visualizar el grado de alerta proporcionado por dicho modelo, lo que le permitirá detectar un posible futuro fracaso académico de los estudiantes en una etapa temprana de la asignatura. Para facilitarle esta tarea, la herramienta se ha realizado siguiendo un diseño centrado en el usuario y cumple los principios de usabilidad necesarios, garantizando así que el usuario podrá incorporarla a su rutina de trabajo con el mínimo esfuerzo posible de su parte.

Tras el cumplimiento de los objetivos definidos al inicio del proyecto y el análisis de las pruebas realizadas, se puede observar como el modelo definido permite identificar en etapas tempranas a aquellos estudiantes en riesgo alto de suspender la asignatura. La herramienta que integra dicho modelo, facilita la realización de este seguimiento al profesor y además le ayuda a hacer una interpretación del estado global del curso a

través de unos gráficos explicativos. Estos gráficos, entre otras cosas, muestran el porcentaje de alumnos en riesgo, el número de aprobados en cada año que se ha impartido la asignatura o las diferentes pruebas que la componen, el porcentaje de alumnos que superan dichas pruebas y las relaciones entre ellas en el caso de que existan.

En el ámbito personal, durante el desarrollo de este TFG he podido entender la gran dificultad a la que se enfrenta el personal docente de las universidades a la hora de realizar un seguimiento personalizado de los alumnos y empatizar con ellos de algún modo, ya que como estudiante no siempre se ven las cosas desde el mismo punto de vista. He aprendido que existen patrones en el comportamiento de los alumnos durante su paso por una asignatura, que estos patrones se pueden aprender en base al estudio de experiencias previas y que su investigación y análisis tiene una gran importancia en el mundo académico. Estos patrones se estudian con la intención de predecir los posibles resultados futuros de los alumnos y tomar medidas en el caso de que estén abocados al fracaso, con el objetivo final de reducir las cifras de fracaso académico.

Por otra parte, este desarrollo me ha permitido ampliar una serie de conocimientos y competencias técnicas estudiadas durante la intensificación que he cursado en el grado, como es el desarrollo de aplicaciones web, el diseño de interfaces de usuario para todo tipo de dispositivos siguiendo los principios de usabilidad y el uso de nuevas tecnologías y lenguajes que hasta este momento desconocía, y aplicarlas en un caso real. Esto me ha llevado a entender que todo lo estudiado durante el grado no es sino una base de cara al futuro, que nos prepara para llegar a donde nosotros queramos en el gran campo de la informática.

Para finalizar, quiero destacar la gran importancia que supone a nivel personal la finalización de este TFG, ya que supone cerrar a una etapa que, debido a diversos motivos que no solamente residen en el ámbito académico, no ha sido una de las más felices en mi vida y la terminación de este TFG pone de algún modo un punto y final a esa etapa. Sin embargo, en cuanto a formación académica se refiere, esto representa un punto y seguido gracias al sinfín de nuevas posibilidades que se abren tras haber finalizado el grado universitario y que me permitirán encontrar el camino por el que se desarrollará mi vida laboral.

5.1 PROPUESTAS FUTURAS.

Teniendo en cuenta el *feedback* recibido mediante la realización de los test de usuario, parece obvio que el primer cambio que se debería abordar en futuras versiones de la herramienta trata sobre un reestructuración de la parte lógica del módulo de carga de datos en el sistema. También se ha pensado en la introducción de ligeras modificaciones que hagan la interfaz más accesible para personas que tengan limitaciones.

Además, durante el desarrollo de este TFG han surgido nuevas ideas (en algún caso coinciden con las opiniones de los usuarios) que en un futuro podrían ser materializadas como nuevas funcionalidades de la aplicación que se ha desarrollado.

- **Ampliación del modelo formal:** un estudiante que haya repetido la asignatura no tendrá la misma experiencia ni se enfrentará a las pruebas o ejercicios de la misma manera que durante su primer curso, ni tampoco afrontará la asignatura de igual manera que los alumnos que la cursan la primera vez. Por esto, se deduce que los patrones para este tipo de alumnos no serían los mismos que para los alumnos que cursan por primera vez la asignatura y habría que analizarlos.
- **Ampliación en la sección de gráficos mostrados:** en el futuro, sería interesante implementar más gráficos que permitan al profesor realizar un seguimiento del alumno y de la clase aún más detallado. Por ejemplo: un gráfico que mediante la selección de un alumno en concreto, represente su situación respecto a la media de los alumnos de su clase y respecto a la media histórica de la asignatura, a lo largo de las pruebas que se van realizando. Otro gráfico de interés podría mostrar el comportamiento del alumno en las diferentes asignaturas en las que se encuentra (en el caso de que se añadiesen más al sistema).

- **Sistema experto de recomendación:** de cara a un futuras versiones de la herramienta, resultaría de gran utilidad la implementación de un sistema que recomendase a profesores y alumnos las acciones que deben tomar cuando un alumno se encuentra en riesgo de suspender la asignatura.

Para ello, durante los primeros años de uso de la herramienta, los profesores deberían registrar en un módulo habilitado para ello, los consejos, prácticas y ejercicios que estén recomendando a los estudiantes en riesgo para intentar revertir su situación. Una vez se haya almacenado esta información, el sistema mostrará al profesor recomendaciones en tiempo real sobre las recomendaciones para ese alumno en concreto a través de un asistente virtual. Esto resultaría de gran utilidad para profesores que impartieran la asignatura por primera vez.

Además, este sistema de recomendaciones, ofrecería la posibilidad de generar un informe con la situación detallada del alumno seleccionado, mostrando las futuras pruebas con una alta probabilidad de suspender o el riesgo de fracasar en la asignatura, así como los consejos , ejercicios o prácticas que puede realizar para intentar revertir su situación. Este informe podría ser mandado directamente a los alumnos a través de un sistema de notificación por correo electrónico.

Ciudad Real, a 24 de Junio de 2019.

Firmado: *Francisco López Navarro*.

A.1 MANUAL DE USUARIO.

En este anexo se explica el procedimiento a seguir para completar cada una de las funcionalidades que se pueden realizar desde la aplicación desarrollada durante este TFG.

A.1.1 Vista de inicio.

Cuando acceda a la aplicación, el usuario se encontrará en una interfaz como la mostrada en la figura Fig.A.1 la que pueden observar 2 partes claramente diferenciadas.

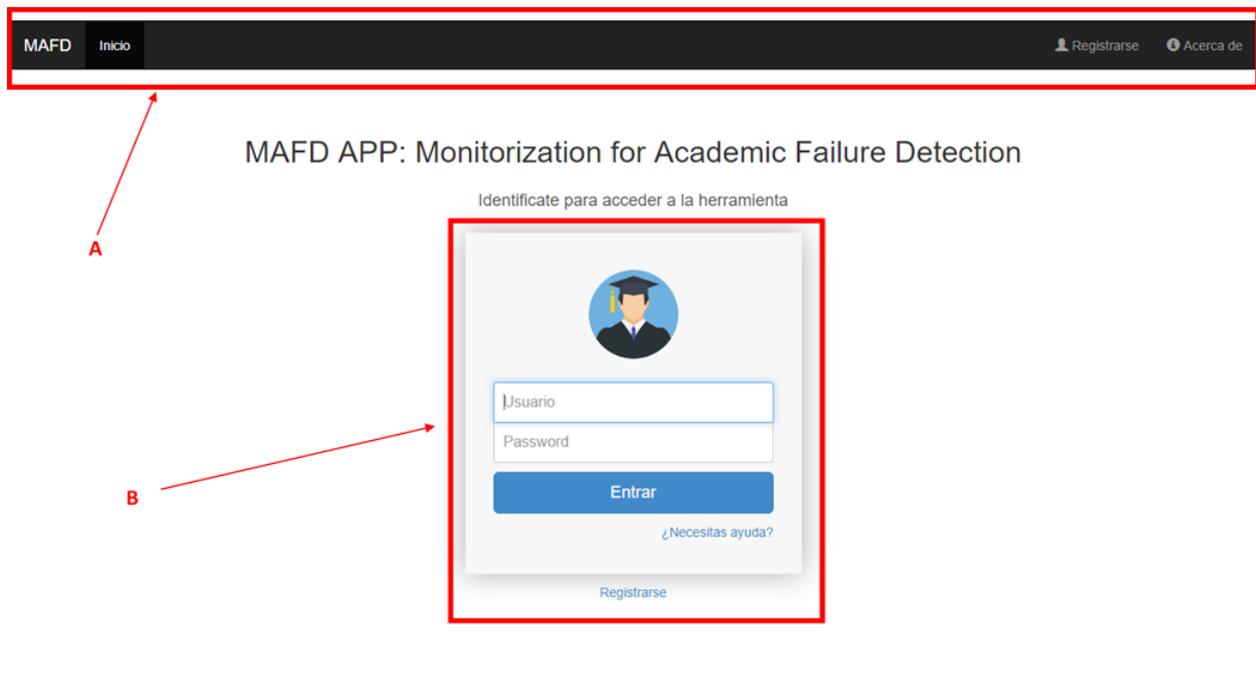


Figura A.1: Tabla que muestra el histórico de calificaciones de una asignatura.

- **Elemento A.** Menú superior de la aplicación. Desde este menú el usuario podrá acceder a algunas funcionalidades de la aplicación sin tener que identificarse. Las funcionalidades a las que podrá acceder son "Registrarse" y "Acerca De"
- **Elemento B.** Formulario para que el usuario pueda identificarse para acceder a la asignatura. Desde este formulario, el usuario también podrá acceder a la interfaz de registro (*Registrarse*) así como consultar el manual de la herramienta (*¿Necesitas ayuda?*).

A.1.1.1 Registrarse.

Si el usuario no está ya registrado en la aplicación, deberá hacerlo antes de intentar acceder a ella, ya que si no, no podrá acceder a la aplicación.

El registro debe realizarse desde la interfaz habilitada para ello a la que el usuario puede acceder a través de dos opciones distintas:

- Desde el formulario de identificación, haciendo clic sobre el vínculo "Registrarse" que le redireccionará a dicha interfaz



Figura A.2: Vínculo que redirige al usuario a la interfaz para registrarse.

- A través del botón "Registrarse" del menú superior de la aplicación. Una vez el usuario haya pulsado sobre este botón, el sistema le redireccionará a la interfaz de registro. Fig.A.3

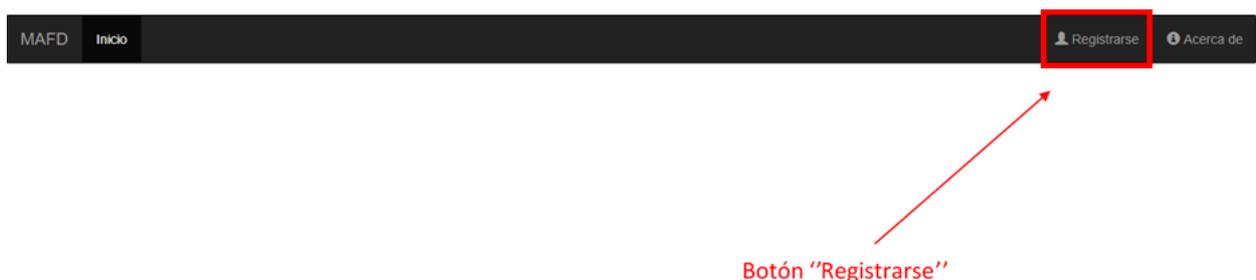


Figura A.3: Botón "Registrarse" en el menú superior de la aplicación.

Una vez el usuario haya accedido a la vista de registro, encontrará una formulario como la que se observa en la figura Fig.A.4. En ella debe introducir todos los campos necesarios pulsar el botón registrarse una vez los haya completado.

Este formulario presenta una serie de condiciones las cuales el usuario debe cumplir para poder registrarse. En caso de no cumplir alguna de ellas el sistema mostrará un mensaje de aviso señalando lo que ha ido mal.

- El campo ID no puede estar vacío, ya que este identificador será mediante el cual el usuario podrá acceder al sistema.

Regístrate para acceder a esta aplicación



Formulario de registro con los siguientes campos:

- Usuario:** Campo de texto con el valor "DNI". Debajo del campo se indica: "DNI sin letra (sin 0 a la izquierda en el caso que haya)".
- Password:** Campo de texto con caracteres ocultos por asteriscos.
- Repeat password:** Campo de texto con caracteres ocultos por asteriscos.
- Nombre:** Campo de texto vacío.

Debajo de los campos se encuentra un botón azul con el texto "Registrar".

Figura A.4: Interfaz para registrarse en el sistema

- Las contraseñas introducidas en ambos habilitados para ello deben coincidir.
- La longitud de la contraseña debe tener un mínimo de 4 caracteres.

En la figura A.5 se puede un ejemplo de este mensaje cuando el usuario no ha escrito la misma contraseña en los dos campos habilitados para ello.

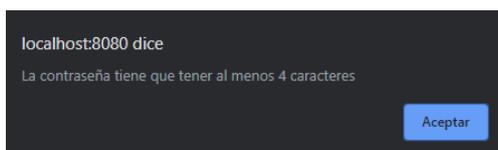


Figura A.5: Mensaje de alerta mostrado por el sistema cuando la contraseña no tiene la longitud adecuada

A.1.1.2 Identificarse.

Una vez que el usuario este registrado en el sistema, y quiera acceder a la aplicación deberá identificarse. Para ello utilizará el ID de usuario y contraseña que ingresó al registrarse. Tras completar estos dos campos como se muestra en la imagen Fig.A.7, el usuario debe pulsar el botón "Entrar" para iniciar sesión en el sistema.

En el caso de que el usuario no haya introducido correctamente alguno de los campos, el sistema le avisará mediante un mensaje de alerta. Fig.A.6

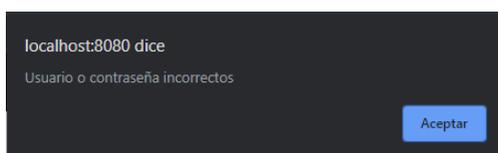


Figura A.6: Mensaje de alerta mostrado por el sistema cuando no se ha realizado el login correctamente.

A.1.1.3 Acerca de.

Para acceder a esta interfaz, el usuario deberá hacer clic sobre el botón "Acerca de", situado en a la derecha del menú superior de la aplicación. Una vez haya pulsado sobre él, el sistema le direccionará a una vista como la que se muestra en la figura Fig.A.8.

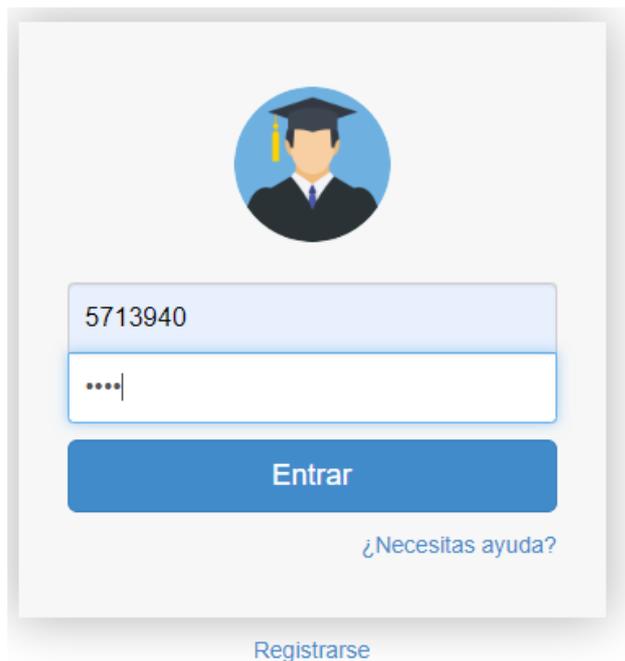


Figura A.7: Formulario de *Login* completo, listo para iniciar sesión.

En ella, el usuario podrá visualizar información básica sobre la aplicación así como del autor y del director del TFG que dio vida a la misma. Además, dispone de enlaces a los sitios web personales de cada uno de ellos.

MAFD: Monitorization for Academic Failure Detection

Esta aplicación ha sido desarrollada como solución a la problemática expuesta en el Trabajo Fin de Grado: Monitorización automática de estudiantes para la detección temprana de posibles fracasos académicos. realizado por el alumno [Francisco López Navarro](#) bajo la dirección de [Javier Alonso Albusac Jiménez](#).

Toda la información referente a este Trabajo Fin de Grado puedes encontrarla [aquí](#)

Si tienes alguna duda consulta el Manual de usuario, aunque si lo prefieres también puedes descargarlo [aquí](#)

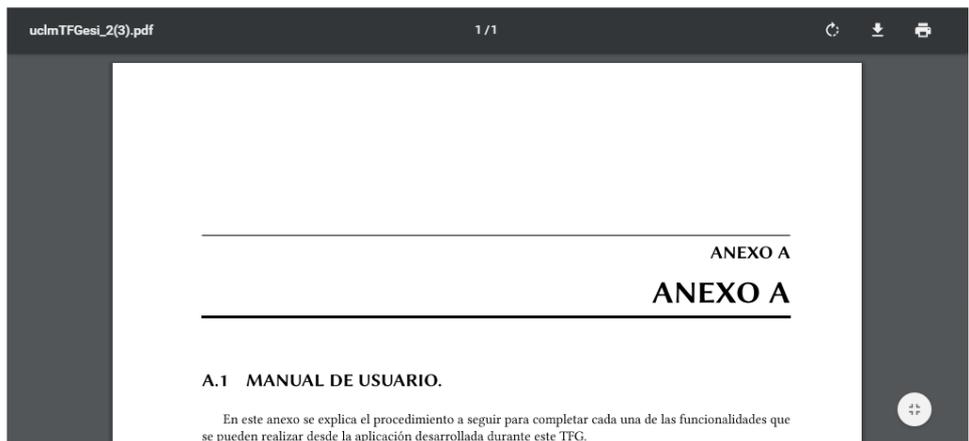


Figura A.8: Interfaz gráfica que proporciona información acerca de la herramienta y sus autores.

En esta interfaz el usuario también podrá consultar el manual de usuario de la herramienta para entender completamente su funcionamiento. Y si desea más información de los motivos que han llevado al desarrollo e implementación de esta herramienta y como se ha realizado este proceso, también se ha proporcionado

un enlace para que el usuario pueda acceder a la memoria del proyecto.

A.1.2 Menú principal.

Cuando el usuario se haya identificado y accedido a la aplicación se encontrará en un menú principal Fig.A.9 desde el que podrá llevar a cabo todas las funcionalidades de la herramienta.



Figura A.9: Menú principal de la herramienta.

Además, cada vez que el usuario inicie sesión, en el menú superior de la aplicación aparecerá su nombre de usuario que introdujo cuando se registró en la herramienta. También estará disponible el botón "Desconectarse", mediante el cual el usuario realizará el *logout* de la aplicación y finalizará su sesión redirigiéndole el sistema, de nuevo a la página de inicio Fig. A.1. Ambos botones vienen señalados en la figura Fig.A.10 para una mejor comprensión.



Figura A.10: Menú superior de la herramienta una vez el usuario haya iniciado sesión.

A.1.3 Carga de archivos.

Para acceder a esta funcionalidad, el usuario deberá hacerlo a través del botón "Carga de Datos" de menú principal A.11.

Una vez el sistema le haya redireccionado a la interfaz de carga de archivos, el usuario estará ante una interfaz como la de la figura Fig.A.12 debe proceder a la carga de los ficheros de configuración del sistema.

- **En primer lugar**, el usuario debe realizar la carga de la configuración de la asignatura que desea introducir en el sistema. Para ello debe haber elaborado un fichero con dicha configuración como se ha explicado en 4. Una vez haya elaborado este fichero procederá a cargarlo utilizando la interfaz de la figura Fig.A.13

Si el fichero se ha cargado con éxito mostrará al usuario un mensaje notificándoselo A.14

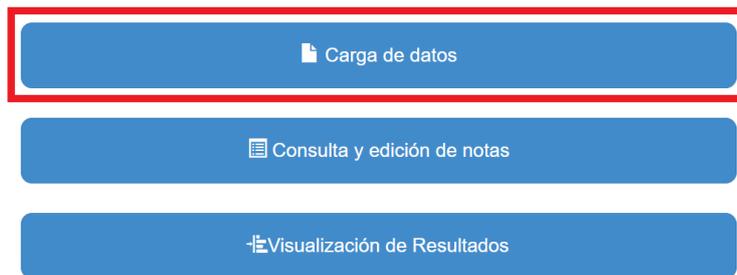


Figura A.11: Menú principal de la herramienta.

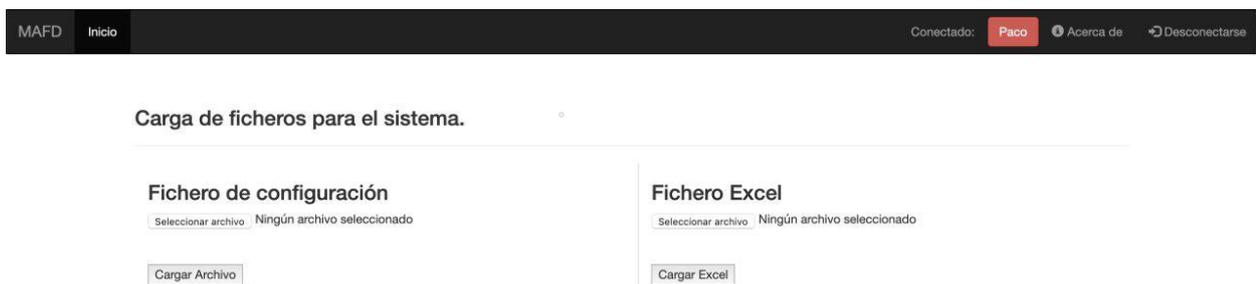


Figura A.12: Interfaz desde donde se realiza la carga de archivos en el sistema.

Carga de ficheros para el sistema.

Fichero de configuración

Seleccionar archivo Ningún archivo seleccionado

Cargar Archivo

Figura A.13: Botón del menú principal para acceder a la interfaz de carga de datos.

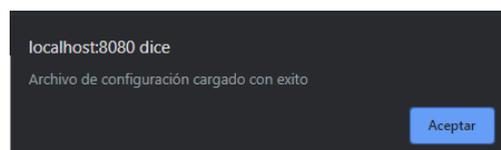


Figura A.14: Mensaje que notifica el éxito en la carga del archivo de configuración de la asignatura.

- **En segundo lugar**, el usuario tras haber añadido al sistema la información de configuración referente a una asignatura, deberá introducir la hoja de cálculo con el histórico de calificaciones de la asignatura. Esto lo hará a través de la interfaz de carga específica para ello Fig.A.15

Si el fichero se ha cargado con éxito mostrará al usuario un mensaje notificándoselo A.16

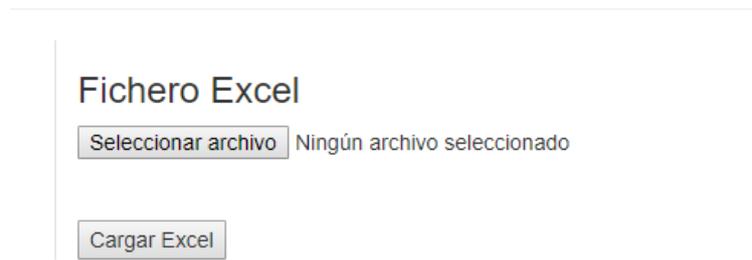


Figura A.15: Menú principal de la herramienta.

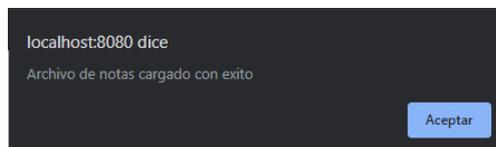


Figura A.16: Mensaje que notifica el éxito en la carga del archivo de calificaciones.

A.1.4 Consulta y edición de notas.

Una vez se ha realizado la carga de archivos, el usuario podrá observar las calificaciones que conforman el histórico de la asignatura o bien registrar en la base de datos nuevos alumnos cuyo factor de riesgo será calculado en base a sus calificaciones utilizando el modelo formal que implementa la herramienta. Para acceder a estas funcionalidades, el usuario deberá pulsar sobre el botón "Consulta y edición de notas" del menú principal de la aplicación, señalado en la figura Fig.A.17



Figura A.17: Botón del menú principal para acceder a la vista de consulta y edición de notas.

En un primer momento, la vista estará vacía, como se puede observar en la figura Fig.A.18 Por lo que el usuario deberá seleccionar en el *comboBox* situado arriba a la izquierda la asignatura que desea visualizar.

Una vez se haya seleccionado la asignatura que se desee, el sistema cargará automáticamente toda la información referente a esa asignatura en función de la pestaña en la que el usuario se encuentre en ese momento. El hecho de que el usuario se sitúe en una u otra pestaña al principio es indiferente, ya que el sistema permite navegar de una a otra sin problema. A continuación se describe las funcionalidades de cada una de esas pestañas.

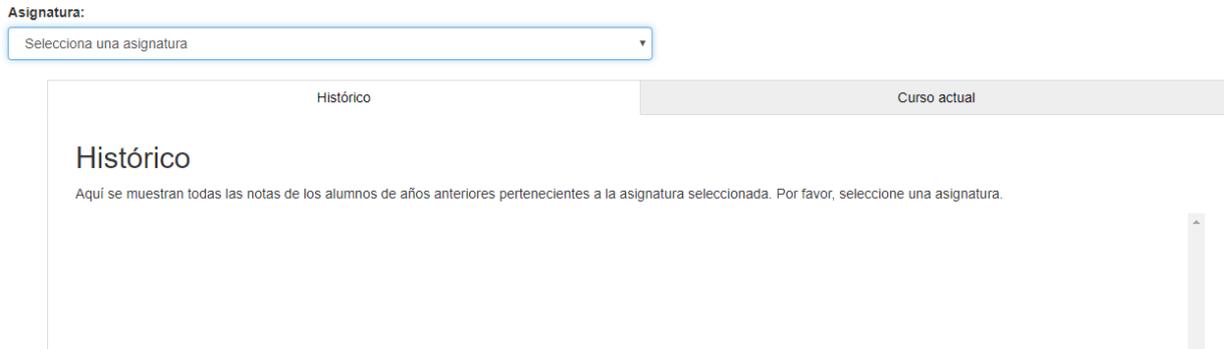


Figura A.18: Intefaz para la visualización y la edición de notas.

A.1.4.1 Consulta del histórico de calificaciones.

Si el usuario se encuentra en la pestaña de "Historico", la herramienta mostrará toda la información perteneciente al histórico de la asignatura en una tabla como la que se ve en la figura Fig.A.19. Esta tabla muestra la información ordenada según el curso académico en el que el alumno cursó la asignatura.

Figura A.19: Intefaz para la visualización y la edición de notas.

En esta tabla el usuario solo podrá consultar la información, no podrá interactuar de ninguna manera con ella.

A.1.4.2 Creación de nuevas calificaciones.

El registro de los alumnos pertenecientes al curso actual y la realización de su seguimiento con el consecuente cálculo del factor de riesgo asociado a cada uno de ellos, se realiza desde esta vista, pero a través de la interfaz situada en la pestaña de "Curso Actual".

Una vez el usuario este situado en esta pestaña y haya seleccionado la asignatura sobre la que desea trabajar, se cargará la información pertinente. Inicialmente no existe ningún alumno en el curso actual, por lo que el sistema mostrará una tabla sin registros, solo con el encabezado, como se puede ver en la figura A.20.

Para añadir un registro a la tabla, el usuario deberá pulsar sobre el botón "Añadir alumno", esto creará un nuevo registro vacío en la tabla a falta de completarlo con los datos necesarios.



Figura A.20: Interfaz para el seguimiento y gestión de alumnos del curso actual (1).

Para añadir los datos, basta con hacer clic sobre la celda deseada y se habilitará la escritura en ella. Además, cuando el usuario se encuentre en alguna de las celdas asignadas a las pruebas, el sistema mostrará información relativa a dicha prueba para facilitar la labor al usuario. Véase Fig.A.21.

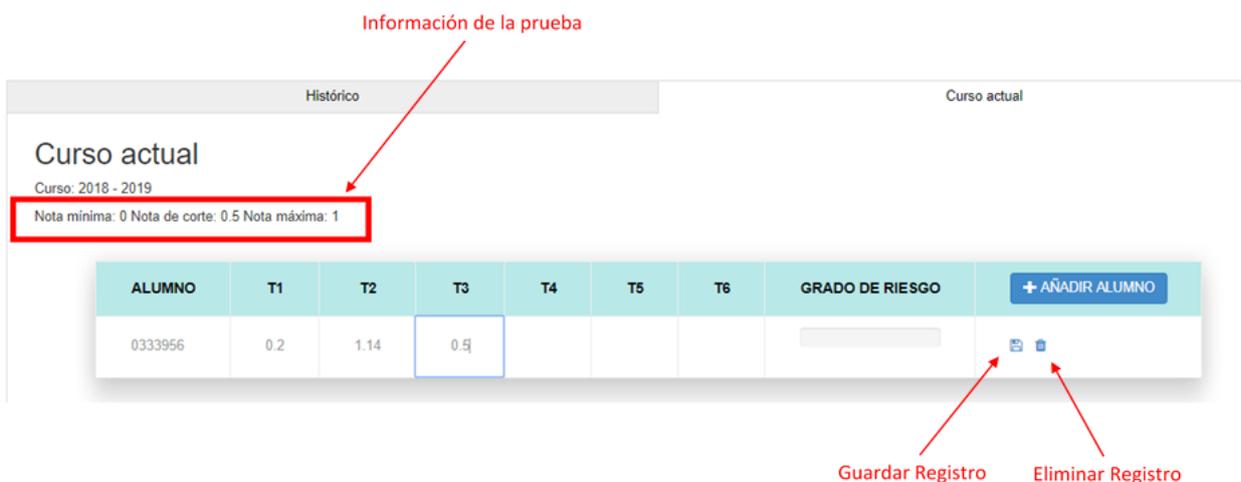


Figura A.21: Interfaz para el seguimiento y gestión de alumnos del curso actual (2).

Para guardar los datos del alumno introducidos, el usuario solo tendrá que pulsar sobre el botón con el icono de guardado. Una vez se haya guardado la información en la base de datos, el proceso del cálculo de riesgo se lanza automáticamente y calcula el factor de riesgo que tiene ese alumno, como se puede observar en la figura Fig.A.22.

ALUMNO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	GRADO DE RIESGO	+ AÑADIR ALUMNO
0333956	0.2	1.14	0.5				63.12%	Guardar Registro Eliminar Registro

Figura A.22: Interfaz para el seguimiento y gestión de alumnos del curso actual (3).

En cambio, si desea eliminar ese registro y su información relacionada de la base de datos, el usuario deberá hacer clic en el icono de borrar. El sistema mostrará un diálogo de confirmación Fig.A.23 y en el

caso de que el usuario lo confirme se procederá al borrado de los datos y se notificará al usuario mediante un mensaje de alerta Fig.A.24.

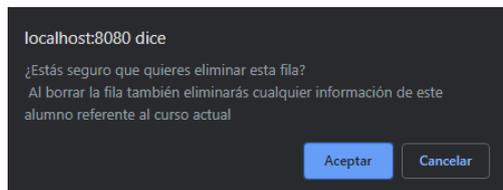


Figura A.23: Diálogo de confirmación para el borrado del alumno.

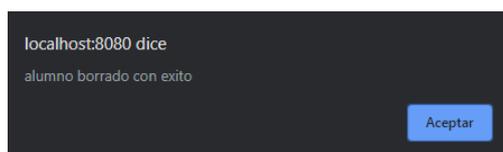


Figura A.24: Mensaje de confirmación tras eliminar los datos del alumno.

Al eliminar un alumno del sistema, la herramienta volverá a lanzar automáticamente el proceso de cálculo del factor de riesgo para los alumnos restantes en caso de que haya alguno.

A.1.5 Visualización de resultados.

En esta interfaz es donde el usuario puede observar una serie de gráficos que le permitirán entender mejor los resultados que obtiene el sistema. Para acceder a ella, el usuario debe pinchar sobre el tercer y último botón del menú principal de la herramienta "Visualización de resultados", señalado en la figura Fig.A.25.



Figura A.25: Botón del menú principal para acceder a la interfaz de visualización de gráficos.

En un primer momento, la vista estará vacía, por lo que el usuario deberá seleccionar en el *comboBox* situado arriba a la izquierda la asignatura que desea visualizar. Fig.A.26.



Figura A.26: Menú principal de la herramienta.

Tras haber seleccionado la asignatura deseada, el sistema mostrará automáticamente los gráficos y resultados relacionados con esa asignatura en una interfaz como la que se ve en las figuras Fig.A.27 Fig.A.28.

El usuario podrá interactuar con los gráficos para obtener en caso de que lo desee, una información más detallada y personalizada que la que éstos presentan por defecto.

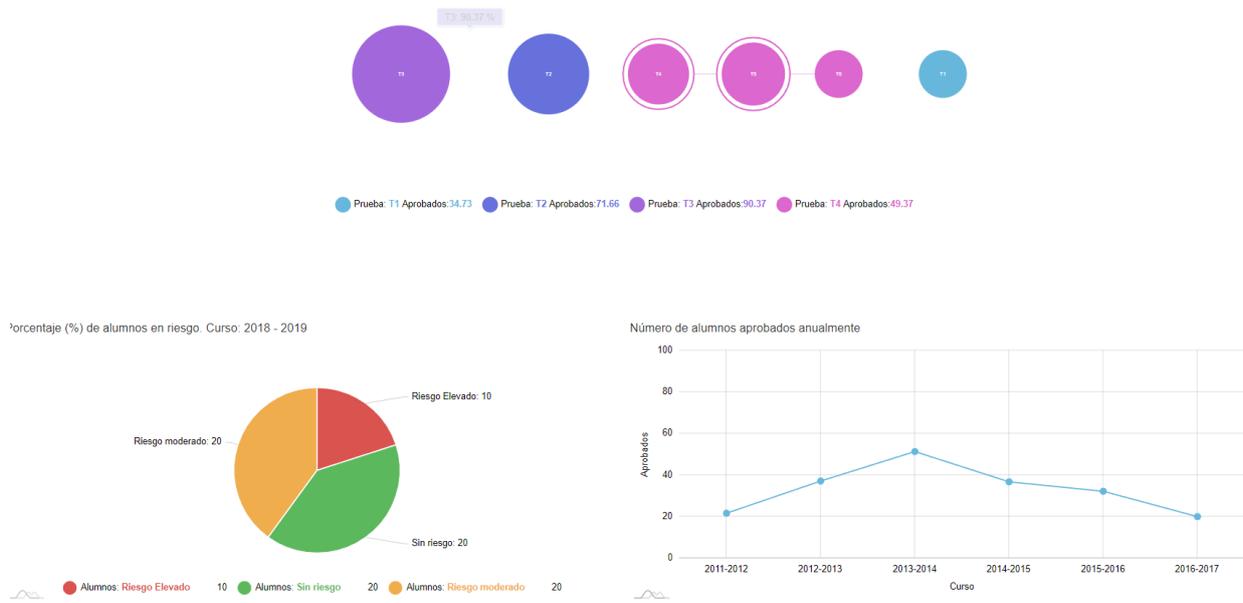


Figura A.27: Interfaz para la visualización de resultados a través de gráficos (1).



Figura A.28: Interfaz para la visualización de resultados a través de gráficos (2).

- Con el primer gráfico, el gráfico de árbol que muestra las relaciones entre las diferentes pruebas de la asignatura, el usuario puede posar el cursor sobre los nodos para ver el porcentaje de aprobados de la prueba a la que representan. En el caso de las pruebas que están relacionadas, que se diferencian de las otras porque los nodos que las representan están unidos, si el usuario hace clic sobre la prueba que está mas arriba, es decir la que se realiza primero, las pruebas relacionadas con esta se ocultarán. Véase Fig.A.29.
- Con el gráfico que representa el porcentaje de alumnos que está en cada uno de los grados de alerta ocurre lo mismo en cuanto que el posar el cursor encima de los sectores, proporciona más información sobre estos como se ve en la figura Fig.A.30. Además, la leyenda del gráfico también es interactiva, el

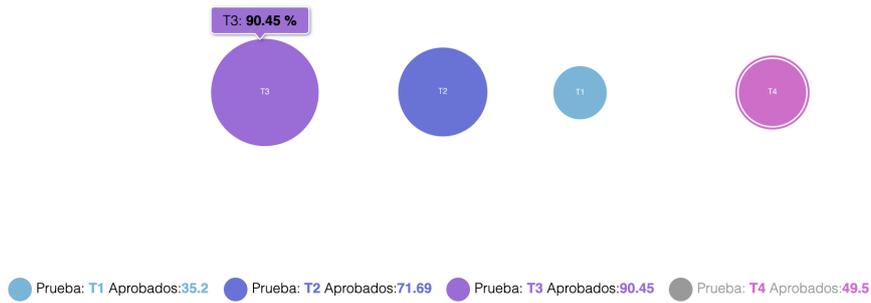


Figura A.29: Detalle de los nodos que representan cada una de las pruebas.

usuario podrá ocultar el conjunto de estudiantes que desee solo pulsando sobre su representación de la leyenda Fig.A.31.

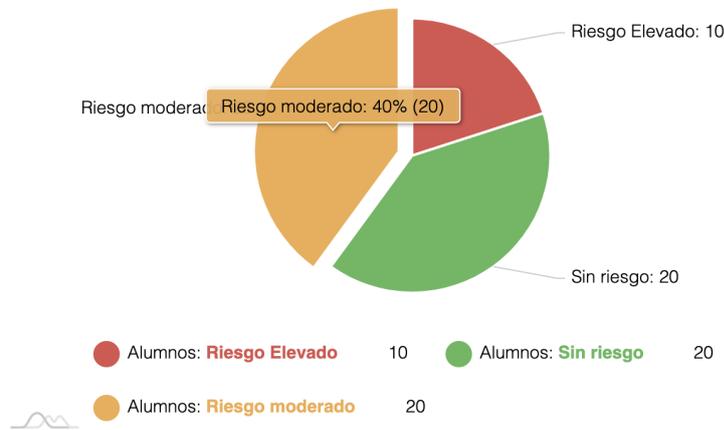


Figura A.30: Detalle del gráfico que muestra el porcentaje de alumnos en riesgo.

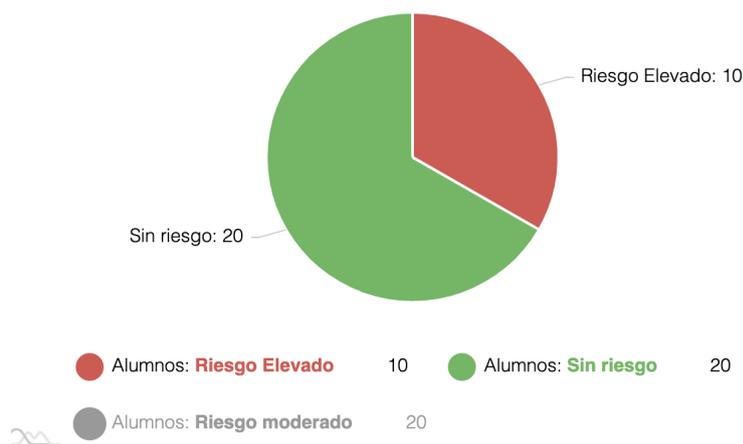


Figura A.31: Encubrimiento de un conjunto de alumnos tras interactuar con la leyenda del gráfico.

- En el gráfico que representa el porcentaje de alumnos que aprueban la asignatura en cada uno de los cursos académicos en los que esta se imparte, el usuario puede obtener más detalle situando el cursor sobre los puntos que representan la intersección de los valores de los dos ejes, en la figura Fig.A.32 se puede ver un ejemplo de esto:

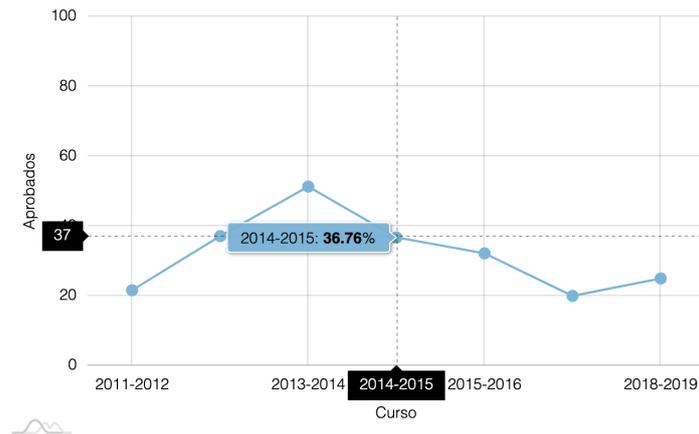


Figura A.32: Detalle del gráfico.

- En el gráfico de barras, para poder navegar entre las diferentes pruebas que componen la asignatura el usuario debe pulsar sobre la pestaña correspondiente. Este gráfico también mostrará más información sobre cada una de las columnas cuando el usuario pase el cursor por encima. Véase FigA.33

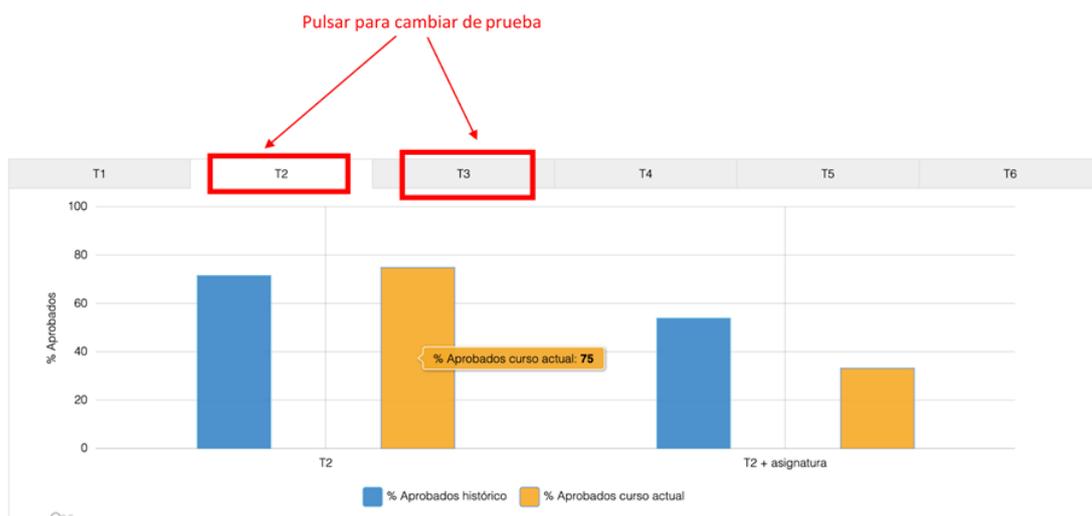


Figura A.33: Interfaz para la visualización de resultados a través de gráficos (2).

ANEXO B

B.1 HISTÓRICO DE CALIFICACIONES ASIGNATURA CÁLCULO.

Nº	Año	T1	T2	T3	T4	T5	Nota Final
1	2017-2018	NP	1,3	1,7	1	1,8	5,8
2	2017-2018	0,5	0,9	0,6	NP	NP	2
3	2017-2018	1	1,42	1,9	0,75	1,3	6,37
4	2017-2018	0,4	0,84	0,86	0,6	NP	2,7
5	2017-2018	0	NP	NP	NP	NP	0
6	2017-2018	1,3	2,1	2	1,2	1,7	8,3
7	2017-2018	0,75	0,8	0,8	0,8	1,5	4,65
8	2017-2018	0,9	1,55	1,4	0,825	1	5,675
9	2017-2018	1,1	1,95	1,7	1,275	1,775	7,8
10	2017-2018	0,9	1	0,86	0,6	0,5	3,86
11	2017-2018	0,2	1,4	1,6	0,9375	1,2	5,3375
12	2017-2018	0	0,7	0,4	0,35	0,5	1,95
13	2017-2018	0,9	1,25	1,5	0,825	0,2	4,675
14	2017-2018	1,4	1,3	0,8	0,75	2,325	6,575
15	2017-2018	0,5	1,2	1	0,7875	0,375	3,8625
16	2017-2018	0,3	1,18	0,65	0,9	0,9	3,93
17	2017-2018	0,55	1,25	1,3	0,8	1,1	5
18	2017-2018	0,7	1	0,9	1	1,1	4,7
19	2017-2018	0,8	1,48	2	1,45	1,75	7,48
20	2017-2018	0,75	1,02	0,75	1	1,3	4,82
21	2017-2018	0,9	2	2,1	0,675	0,45	6,125
22	2017-2018	1	0,58	0,71	0,75	1	4,04
23	2017-2018	0,4	0,54	0,64	0,225	0,675	2,48
24	2017-2018	0	0,2	0,5	NP	NP	0,7
25	2017-2018	1,3	2,1	2,3	1,3	1,8	8,8
26	2017-2018	0,65	1,6	1,5	0,6	1	5,35
27	2017-2018	0,3	0,6	0,65	0,4	NP	1,95
28	2017-2018	0,8	1,7	1,2	0,6	0,8	5,1
29	2017-2018	0,6	1,24	1	0,9	1	4,74

Tabla B.1: Notas históricas los alumnos de la asignatura de Cálculo.

B.2 CALIFICACIONES ALUMNOS 2018-2019.ASIGNATURA CÁLCULO.

N°	Año	T1	T2	T3	T4	T5	Nota final
111	2018-2019	0,8	1,5	1,7	1	1,2	6,2
112	2018-2019	0,5	1,1	0,8	0,6	0,8	3,8
113	2018-2019	1	1,42	1,9	0,75	0,6	5,67
114	2018-2019	0,6	1	0,8	0,6	NP	3
115	2018-2019	0	NP	NP	NP	NP	0
116	2018-2019	1,2	2,2	2,1	1,3	1,5	8,3
117	2018-2019	0,75	0,8	0,8	1	1,5	4,85
118	2018-2019	0,9	1,55	1,4	0,825	1	5,675
119	2018-2019	1,1	1,95	1,7	1,275	1,775	7,8
120	2018-2019	1	1,1	1	0,9	1	5

Tabla B.2: Notas de los alumnos del curso 2018-2019.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carlos León Aznar. *BigMark: análisis y predicción de calificaciones mediante Big Data*. Universidad Complutense de Madrid. "Facultad de informática". 2018.
- [2] Naeimeh Delavari; Somnuk Phon-Amnuaisuk; Mohammad Reza Beikzadeh. *Data Mining Application in Higher Learning Institutions*. Informatics in Education. 2008.
- [3] Irene Martí Diéguez. *Plataforma de Razonamiento Basado en Casos para la gestión del conocimiento*. URL: <http://hdl.handle.net/2445/62504>.
- [4] Jonh Duckett. *HTML and CSS: Design and Build Websites*. John Wiley & Sons Inc, 2011.
- [5] Jonh Duckett. *JavaScript and jQuery: Interactive Front-End Web Development Websites*. John Wiley & Sons Inc, 2014.
- [6] Enrique García y col. «USANDO MINERÍA DE DATOS PARA LA CONTINUA MEJORA DE CURSOS DE E-LEARNING». En: oct. de 2006.
- [7] Mark Hall y col. «The WEKA data mining software: An update». En: *SIGKDD Explor. Newsl.* 11 (nov. de 2008), págs. 10-18.
- [8] Jorge Hoyos. «Minería de usabilidad aplicada a plataformas virtuales de aprendizaje». En: *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* (dic. de 2012), págs. 27-43.
- [9] Benjamin Jakobus y Jason Marah. *Mastering Bootstrap 4*. Packt Publishing, 2016.
- [10] Aida G. Rodríguez; José A. Vilalta y Jobani J. Heredia. *Predicción del rendimiento en una asignatura empleando la regresión logística ordinal*. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". 2014.
- [11] Paloma Merello y Ana Zorio grima. «Impact of students' performance in the continuous assesment methodology through Moodle on the final exam». En: jun. de 2017, págs. 1-8. DOI: [10.4995/HEAD17.2017.4779](https://doi.org/10.4995/HEAD17.2017.4779).
- [12] Jakob Nielsen y Raluca Budiu. *Usabilidad en dispositivos móviles. (Diseño y creatividad)*. ANAYA Multimedia, 2013.
- [13] Jakob Nielsen y Hoa Loranger. *Usabilidad. Prioridad en el diseño web*. ANAYA Multimedia, 2006.
- [14] Organización Internacional de Normalización. *IWA 2: Sistemas de gestión de la calidad para organizaciones educativas*. Organización Internacional de Normalización (ISO). 2002.
- [15] BBVA Research. *La rentabilidad privada y fiscal de la educación en España*. Observatorio económico. 2012.
- [16] Cristóbal Romero y Sebastián Ventura. «Data mining in education». En: *Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov.* 3 (2013), págs. 12-27.
- [17] Korth y Sudarshan Silberschatz. *Fundamentos de Bases de Datos*. McGraw-Hill, 2007.
- [18] Maria Salamó; Inmaculada Rodríguez; Maite López-Sánchez; Anna Puig; Simone Balocco; Mariona Taulé y Jordi Rodríguez. *GradeForeseer: Recurso docente para la predicción de notas del alumnado de informática*. Universitat de Barcelona. 2015.

- [19] Giulio Zambon. *Beginning JSP JSF and Tomcat: Java Web Development*. Apress, 2012.

WEBGRAFÍA

- [20] Overleaf c/o Digital Science. Writelatex Limited. URL: <https://www.overleaf.com/>.
- [21] Ministerio de Educación Ciencia y Deporte. *Datos y cifras del sistema universitario español*. URL: <https://www.mecd.gob.es/dms/mecd/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/universitaria/datos-cifras/datos-y-cifras-SUE-2015-16-web-.pdf>.
- [22] amCharts Library. amCharts. URL: <https://www.amcharts.com/>.
- [23] Balsamiq Mockups. Balsamiq Studios. URL: <https://balsamiq.com/>.
- [24] MySQL. Oracle Corporation. URL: <https://www.mysql.com//>.
- [25] Apache Poi. The Apache Software Foundation. URL: <https://poi.apache.org/>.
- [26] Wikipedia. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_mining.
- [27] Benito van der Zander; Jan Sundermeyer; Daniel Braun; Tim Hoffmann. TexStudio. URL: <https://www.texstudio.org>.

