



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Implantación de un programa de
planificación de horarios en la Escuela de
Ingenierías Industriales**

Autor:

Miguel Fernández, Petra

Tutores:

Izquierdo Millán, Segismundo Samuel

Departamento de Organización de empresas y CIM

Del Valle González, María Isabel

Departamento de Tecnología Electrónica

Valladolid, Septiembre 2016.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Implantación de un programa de
planificación de horarios en la Escuela de
Ingenierías Industriales**

Autor:

Miguel Fernández, Petra

Tutores:

Izquierdo Millán, Segismundo Samuel

Departamento de Organización de empresas y CIM

Del Valle González, María Isabel

Departamento de Tecnología Electrónica

Valladolid, Septiembre 2016.

RESUMEN

La planificación de horarios se realiza de manera anual en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. En este proceso de planificación se tienen que tener en cuenta diferentes restricciones, aunque la más importante es que el horario generado no contenga incompatibilidades para los grupos de alumnos, profesores o aulas.

Este proceso se realiza actualmente de manera manual, por lo que conlleva una cantidad de tiempo y trabajo asociada a él muy elevada, ya que hay que ir realizando iteraciones para conseguir cumplir con todos los requisitos que tiene la Escuela.

El objetivo de este trabajo es, mediante la búsqueda, estudio, selección y adaptación de un programa de gestión de horarios, reducir el tiempo empleado en esta planificación, consiguiendo además simplificar la misma y facilitar la posibilidad de optimizar la utilización de los recursos disponibles.

PALABRAS CLAVE

Asignación de recursos, planificación de horarios, automatización de procesos, optimización con restricciones, horarios de cursos universitarios.

ABSTRACT

The planning of schedules is realized in an annual way in the School of Industrial Engineering of the University of Valladolid. In this process of planning different restrictions have to be born in mind, though the most important is that the generated schedule does not contain incompatibilities for the groups of students, teachers or classrooms.

This process is realized nowadays in a manual way, which carries a huge quantity of time and work associated, since it is necessary to go realizing iterations to manage to keep with all the requirements that the School has.

The aim of this work is, by means of the search, study, selection and adjustment of a program of management of schedules, to reduce the time used in this planning, managing to simplify in addition the same one and to facilitate the possibility of optimizing the utilization of the available resources.

KEY WORDS

Assignment of resources, planning of schedules, automation of processes, optimization with restrictions, university course timetabling.

ÍNDICES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	1
Proceso de planificación	2
Situación actual	2
Situación objetivo	7
Caracterización de los requisitos y condicionantes	10
Características generales.....	10
Principales condicionantes	11
Otros aspectos a considerar	11
Cronograma	12
Organización del trabajo	15
PARTE I. SOFTWARE.....	19
Capítulo 1: Selección del software	19
1.1. Programas estudiados.....	19
1.2. Elección del programa	22
1.3. Programa elegido.....	25
Capítulo 2: El programa Free Timetabling Software	27
2.1. Configuración básica	27
2.2. Restricciones	31
2.3. Limitaciones del software.....	34
2.4. Importar datos.....	35
2.5. Cómo generar horarios	35

PARTE II. GENERACIÓN DE HORARIOS.....	43
Capítulo 3: Recopilación de los datos	43
3.1. Caracterización de los datos	44
3.2. Datos recopilados	46
3.3. Problemas que han surgido en la recopilación de los datos	50
Capítulo 4: Pruebas del software.....	57
4.1. Primera prueba de generación de horarios.....	57
4.2. Segunda prueba de generación de horarios.....	64
Capítulo 5: Generación de los horarios de la Escuela	74
Capítulo 6: Valoración de los horarios.....	80
CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	91
Páginas web consultadas.....	91
Otras fuentes de consulta	91
ANEXOS	95
Anexo I: Tablas generadas	95
I.1. Tablas de curso, grupo y subgrupo.....	95
I.2. Ejemplo de las tablas de actividades creadas	100
Anexo II: Horarios definitivos generados.....	104
II.1. Ejemplo de horario para alumnos	104
II.2. Ejemplos de horarios de ocupación de aulas.....	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama del proceso de planificación de horarios actual, parte I. Elaboración propia.	5
Ilustración 2. Diagrama del proceso de planificación de horarios actual, parte II. Elaboración propia.	6
Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de planificación de horarios propuesto. Elaboración propia.	9
Ilustración 4. Diagrama de Gantt de la planificación de las tareas del trabajo. Elaboración propia.	15
Ilustración 5. Diagrama de Gantt de la ejecución de las tareas del trabajo. Elaboración propia.	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 6. Esquema de división de cursos. Elaboración propia.	29
Ilustración 7. Captura de pantalla del menú Horarios en el software FET.	36
Ilustración 8. Captura de pantalla de la opción de Generar horario en el software FET.	37
Ilustración 9. Captura de pantalla de la opción generación de horarios en el software una vez que se ha generado un horario de prueba.	38
Ilustración 10. Captura de pantalla del desplegable de Locking.	39
Ilustración 11. Captura de pantalla de la opción Importar archivo tipo de actividades.	46
Ilustración 12. Captura de pantalla de la opción Importar archivo de curso, grupo y subgrupo.	49
Ilustración 13. Captura de pantalla de la opción Importar archivo de aulas.	50
Ilustración 14. Captura de pantalla del menú de Datos del software.	58
Ilustración 15. Captura de pantalla de la lista de actividades planificadas.	59
Ilustración 16. Captura de pantalla de la ventana para la planificación de actividades en FET.	60
Ilustración 17. Captura de pantalla de las actividades a planificar por FET en la primera prueba del documento.	61

Ilustración 18. Vista detallada el menú de Horarios, con la opción Alumnos seleccionada.....	62
Ilustración 19. Captura de pantalla de la vista preliminar del horario generado para el grupo 011_1L.	62
Ilustración 20. Captura de pantalla de la vista preliminar del horario generado para el aula 2.1.	63
Ilustración 21. Captura de pantalla de las restricciones de lugar para los grupos de alumnos.	69
Ilustración 22. Captura de pantalla para la introducción de restricciones.	70
Ilustración 23. Captura de pantalla de un problema surgido durante la segunda prueba.	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla resumen del desarrollo del trabajo. Elaboración propia.	14
Tabla 2. Tabla comparativa de softwares de planificación de horarios. Elaboración propia.	25
Tabla 3. Caracterización del algoritmo de ponderación de restricciones. FUENTE: Manual FET.	31
Tabla 4. Grados impartidos en la escuela por sedes. Elaboración propia.	44
Tabla 5. Número de grupos y distribución de los mismos. Elaboración propia a partir de los datos de la página de la EII.	45
Tabla 6. Tipos de actividades dentro de la Escuela de Ingenierías Industriales. Elaboración propia.	47
Tabla 7. División de los alumnos en grupos mínimos para 3 laboratorios. Elaboración propia.	48
Tabla 8. Distribución de los grupos y subgrupos en el software. Elaboración propia.	48
Tabla 9. División genérica de alumnos en subgrupos. Elaboración propia.	49
Tabla 10. Tabla de muestra de las aulas de la Escuela de Ingenierías Industriales. Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la EII.	50
Tabla 11. Asignaturas con laboratorios fuera de horario en IOI. Elaboración propia a partir de los datos del POD.	52
Tabla 12. Asignaturas con laboratorios fuera de horario en IM. Elaboración propia a partir de los datos del POD.	53
Tabla 13. Asignaturas con laboratorios fuera de horario en IQ. Elaboración propia a partir de los datos del POD.	52
Tabla 14. Tabla de materias con horas de prácticas de campo asignadas y no planificadas del grado en IOI. Elaboración propia a partir de datos del POD.	55
Tabla 15. Tabla de materias con horas de prácticas de campo asignadas y no planificadas del grado en IM. Elaboración propia a partir de datos del POD.	55
Tabla 16. Tabla de materias con horas de prácticas de campo asignadas y no planificadas del grado en IQ. Elaboración propia a partir de datos del POD.	55

Tabla 17. Tabla de combinación de actividades para primer y segundo curso. Elaboración propia.....	66
Tabla 18. Tabla de actividades combinadas de Ingeniería en Organización Industrial. Elaboración propia.....	67
Tabla 19. Tabla de actividades combinadas de Ingeniería Mecánica Elaboración propia.....	67
Tabla 20. Tabla de actividades combinadas de Ingeniería Química. Elaboración propia.	67
Tabla 21. Aulas de informática en la sede Paseo del Cauce. Elaboración propia.	70
Tabla 22. Actividades con más de una ubicación. Elaboración propia.	75
Tabla 23. Ejemplo de caracterización de las pseudo-asignaturas. Elaboración propia.	76
Tabla 24. Aulas de referencias asignadas a cada grupo, turno de mañana. Elaboración propia.....	77
Tabla 25. Aulas de referencias asignadas a cada grupo, turno de tarde. Elaboración propia.....	78

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS



INTRODUCCIÓN

La realización de este trabajo surge de la necesidad de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid de encontrar un método rápido y eficiente para la planificación de los horarios de las titulaciones que en ella se imparten.

Cada año, la Escuela se enfrenta al problema de la realización de los horarios para las diversas titulaciones, tanto de grado como de máster. La oferta total de la que dispone la Escuela de Ingenierías Industriales suma un total de siete grados y doce másteres.

La realización de los horarios de todas las titulaciones y grupos que tiene la Escuela es una tarea muy extensa, que actualmente exige una considerable dedicación y carga de trabajo para poder generar horarios -y modificaciones de horarios- factibles y, en la medida de lo posible, optimizados. La planificación de horarios requiere establecer las actividades de cada uno de los grupos sujetas a diversas restricciones, bajo diferentes puntos de vista, tales como la compatibilidad de horario para los alumnos de un mismo grupo - teniendo en cuenta su división en subgrupos para algunas actividades-, la disponibilidad de salas (incluidas las de ordenadores, cuya disponibilidad será crucial, ya que la mayoría de las asignaturas de todas las titulaciones requieren de ellas), restricciones de carácter normativo, y condiciones de carácter deseable (como la realización de horarios “compactos” y repetibles entre semanas).

El problema derivado de la planificación de los horarios de la Escuela es un problema de asignación de recursos, en el que debemos asignar los recursos disponibles que tiene la propia Escuela, a la demanda que hay de ellos por parte de los alumnos, o de forma más genérica, de las titulaciones que se imparten en la Escuela. Esta asignación compleja tiene además una serie de restricciones que, como se ha indicado, pueden tener un carácter más o menos flexible: algunas de ellas son fijas y no podemos actuar sobre ellas ni modificarlas sencillamente a corto plazo (número de aulas, capacidad de las aulas, número de profesores) mientras que otras será más fácil que podamos reducirlas, limitarlas o, dado el caso, obviarlas (ausencia de clases en determinadas horas no deseables, franjas preferidas para laboratorios o clases de teoría, concentración de seminarios en determinadas semanas,...).

Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es la selección, adaptación, prueba y análisis de un sistema de gestión de horarios basado en un programa



informático que simplifique el proceso de planificación de horarios de la Escuela, permitiendo: a) que la fase de generación de horarios factibles no consuma, como lo hace actualmente, una cantidad considerable de valiosos recursos de gestión y, b) que la facilidad de generación de alternativas factibles permita considerar sin gran esfuerzo modificaciones basadas en criterios deseables o de optimización.

La importancia de la aplicación de un software para la planificación de los horarios de la Escuela radica en la automatización de una de las fases del proceso de obtención de horarios que pueden resultar más intensivas en trabajo, ya que de lo que se encargan estos programas es de la optimización de los recursos sujetos a múltiples restricciones, es decir, realizan de manera automática tareas que suelen requerir la consideración simultánea de un número ingente de condiciones.

No obstante, hay que tener en cuenta que, para la generación automática de los horarios, o de distintas alternativas de horarios, hay que alimentar a los programas con los datos que sean necesarios en cada caso, y la introducción de los mismos, de la forma más adecuada para cada programa, exige normalmente una adaptación de los datos al programa, y una carga de datos que puede ser manual o requerir a su vez un proceso de automatización de carga. De todos modos, la recopilación de los datos es una tarea, aunque laboriosa, mucho más sencilla que la planificación en sí. La recopilación de los datos, además, puede reutilizarse actualizando sólo algunos campos específicos a lo largo del tiempo, lo que puede suponer una labor considerable al comienzo de la utilización del software pero que supondrá una reducción de la carga de trabajo posterior.

Proceso de planificación

Situación actual

Para poder tener en cuenta la mejora que supondría la implantación de un programa de planificación de horarios en la Escuela, hay que ser conscientes de cómo se desarrolla en la actualidad todo este proceso.

La Escuela es la encargada de la realización de los horarios de las distintas titulaciones que se imparten, pero en este proceso participan otros entes como los diferentes departamentos, que se encargan de transmitir a la Escuela la información relativa a las asignaturas que se imparten – no todas las asignaturas optativas que aparecen como ofertadas tienen la demanda suficiente para ser impartidas – y también la información relativa al reparto de las asignaturas por el profesorado.



El proceso que se sigue para la elaboración de los horarios es el siguiente: primero se realiza una planificación de las asignaturas de teoría, aula y seminario, que ocupan las aulas estándar, asignando a cada grupo un aula de referencia. Posteriormente, se cuadran las actividades de desdobles, que requieren la utilización de otra aula además de la de referencia. Este proceso tiene carácter iterativo, ya que se tiene que comprobar que no existen incompatibilidades para los alumnos una vez acabada la planificación de las actividades de teoría, aula y seminario.

Cuando ya está realizada la primera parte de la planificación de los horarios, se continúa con la planificación de los laboratorios. En este punto hay que distinguir entre los laboratorios que se realizan en aulas especiales, y aquellos que se realizan en las aulas de ordenadores. Esta información es proporcionada por los diversos departamentos responsables de las asignaturas. Esta parte del proceso es más complicada debido a la alta demanda de ocupación de muchos de estos laboratorios, y suele requerir varias iteraciones para que se puedan compaginar todas las actividades. Una vez se acaba la asignación, hay que volver a comprobar que los horarios que se han creado no generan incompatibilidades para los alumnos.

Una vez llegados a este punto del proceso, tenemos generados los horarios –sin incompatibilidades– tanto para los alumnos como para las aulas. En este momento, la dirección de la Escuela delega la tarea de asignación de los profesores a las asignaturas a los diferentes departamentos.

Para ello, se tiene en cuenta, antes de generar los primeros horarios, que no haya un número superior de clases establecidas a un mismo departamento en un mismo periodo para que no exceda la capacidad de los mismos. No obstante, después de esta tarea habría que comprobar las compatibilidades de los horarios generados.

No obstante, una vez que se han generado los primeros borradores de los horarios tiene lugar un proceso de difusión de los mismos en todos los colectivos afectados por los estos horarios. Este proceso de puesta en conocimiento de los horarios generados conlleva una serie de propuestas de modificaciones que han de valorarse posteriormente para ver si permiten generar horarios factibles.

También hay que tener en cuenta que generalmente se imponen más restricciones en la generación de los horarios de las que se han explicado anteriormente, lo que genera más necesidad de comprobar las compatibilidades de los horarios. Una vez que estos han sido comprobados y cumplen con todas ellas, se pueden generar los mismos.



Con todo ello podemos decir que el proceso actual de planificación y generación de horarios es un proceso iterativo, que consta de numerosos pasos y que conlleva grandes cantidades de tiempo asociadas.

En las dos imágenes posteriores (*Ilustración 1 e Ilustración 2*) podemos observar cómo se lleva a cabo de manera gráfica todo el proceso que se explica anteriormente.

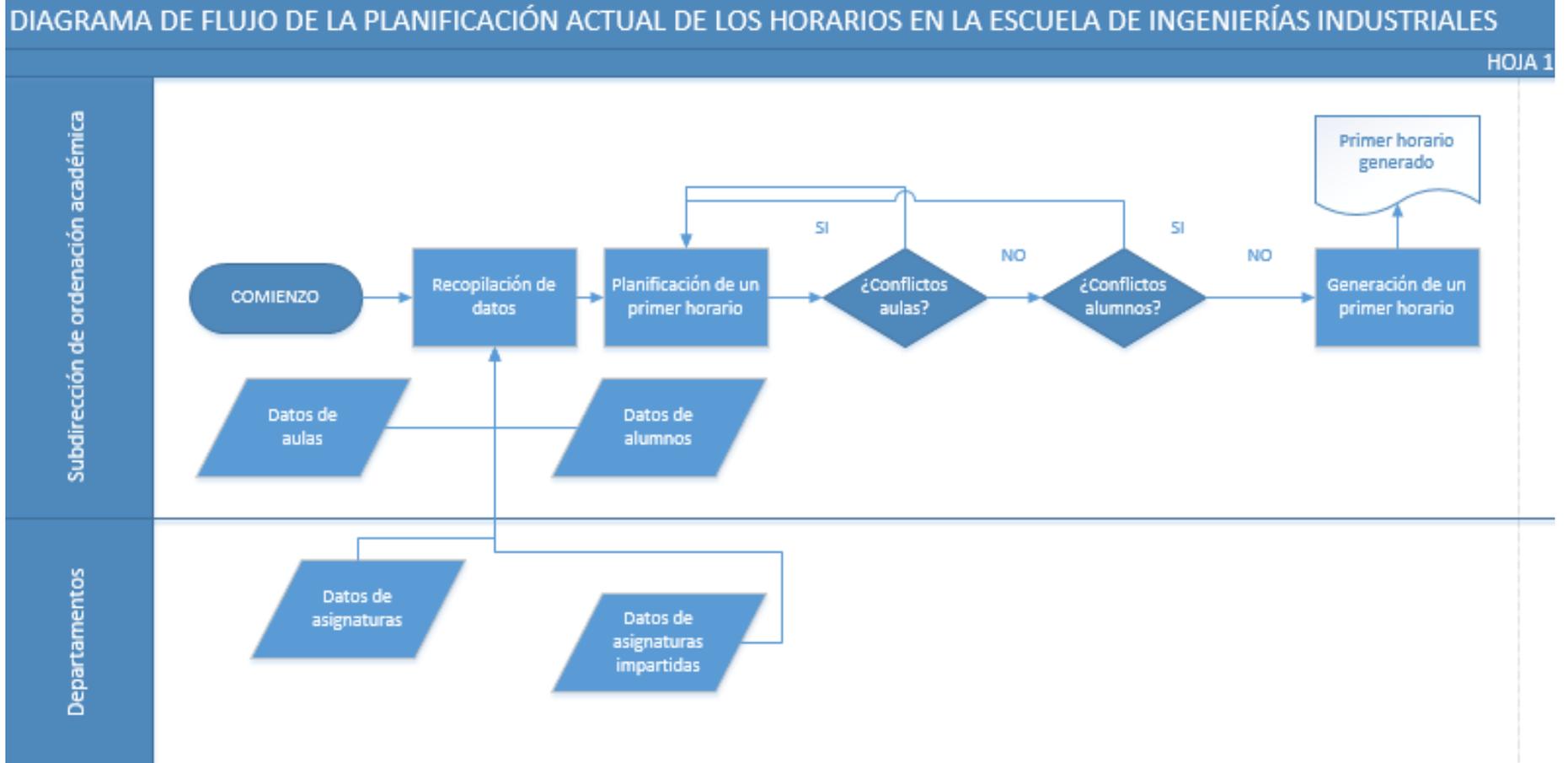


Ilustración 1. Diagrama del proceso de planificación de horarios actual, parte I. Elaboración propia.

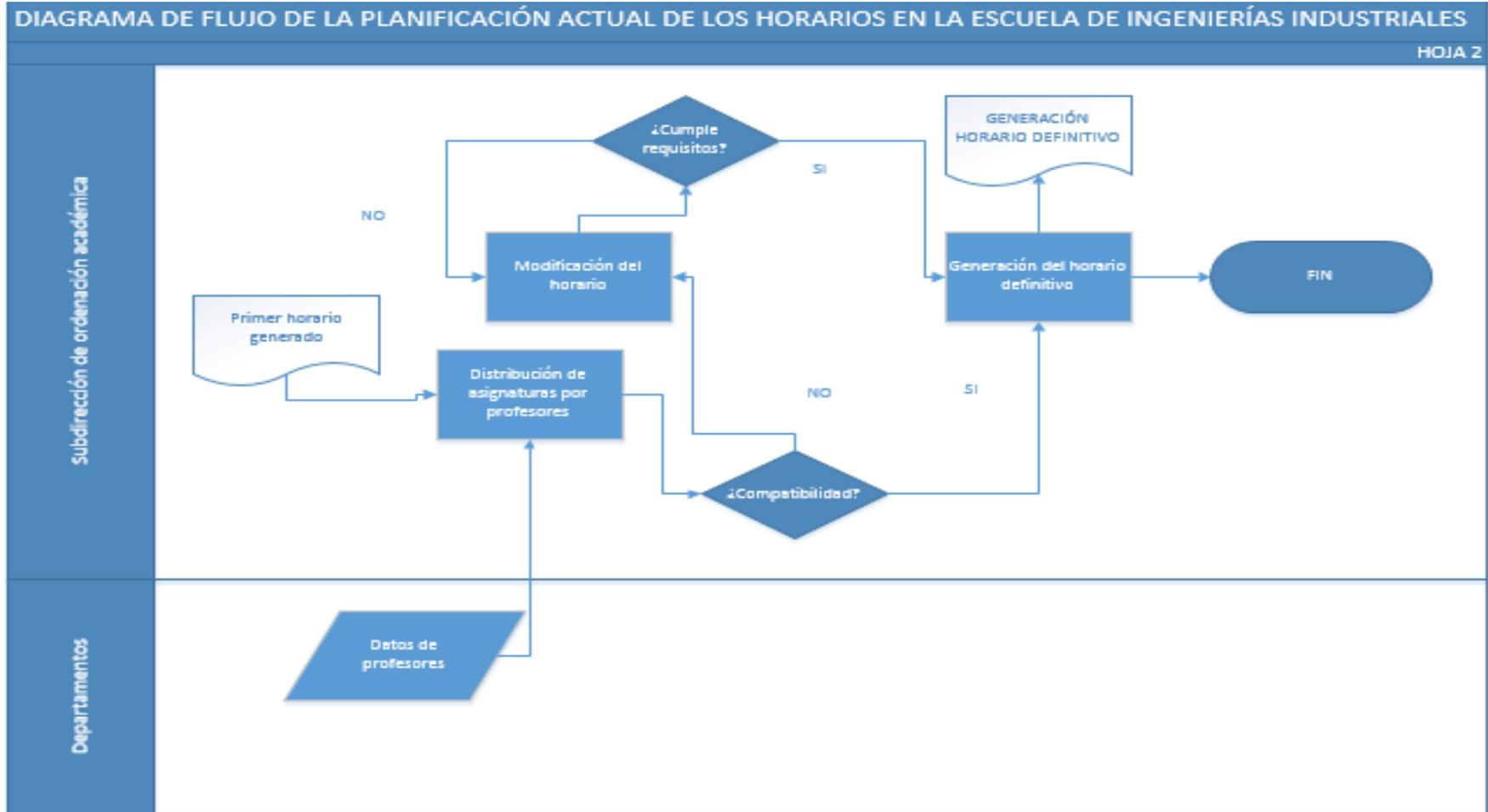


Ilustración 2. Diagrama del proceso de planificación de horarios actual, parte II. Elaboración propia.



Situación objetivo

Como objetivo principal de este trabajo está la simplificación en la planificación de los horarios para el consumo de menor cantidad de recursos de gestión de la escuela es una de las prioridades tratadas. En el apartado anterior *Situación actual* queda definido el proceso que sigue la Escuela actualmente para la planificación de los horarios. A continuación va a describirse el que se propone tras la realización de este trabajo.

Los problemas de planificación de horarios han atraído el interés de los investigadores porque proporcionan la oportunidad de probar diferentes métodos de resolución combinatorial (Dimopoulou & Miliotis, 2001). Esto ha generado la existencia de numerosos programas que permiten realizar los horarios de una manera mucho más rápida y sencilla.

Aunque existan diferencias entre el algoritmo de resolución de los diferentes programas que pueden encontrarse, y entre algunas de las capacidades de los mismos, todos generan un proceso muy similar para la planificación de los horarios.

El logro principal de los diferentes programas de planificación de horarios es la rapidez en la implementación de los horarios, incluso cuando estos comprenden una gran cantidad de restricciones y actividades. (Mansor, Juraidawati, & Hassan, 2013)

El comienzo del proceso es idéntico, ya que consiste en la recopilación de los datos pertinentes para la elaboración de los horarios. La diferencia respecto al proceso actual reside en que, una vez se tienen los datos, con estos se realizan las tablas de actividades que se introducirán posteriormente en el software. Una vez ordenados los datos, se introducen en el programa, y es este el encargado de realizar la planificación más adecuada de los horarios.

Por tanto, el trabajo de gestión de los horarios por parte de la Escuela se vería reducido a la recopilación e introducción de los datos como trabajo anterior a la generación de los horarios, y como trabajo posterior, a la evaluación de los horarios generados por el programa respecto a las necesidades o requisitos que se tienen. El proceso descrito en este apartado queda reflejado en el diagrama de flujo que se encuentra a continuación, en la Ilustración 3.

Otra de las principales ventajas que presenta la utilización de un programa de gestión de horarios en la Escuela es que permite introducir modificaciones en los horarios de manera rápida así como permite conocer si estas modificaciones generan o no horarios factibles. Este es un concepto



importante a la hora de difundir los horarios generados como borrador entre los colectivos interesados que, generalmente, proponen cambios en los mismos. El programa podría ser utilizado para evaluar que las modificaciones propuestas pueden ser o no puestas en práctica.

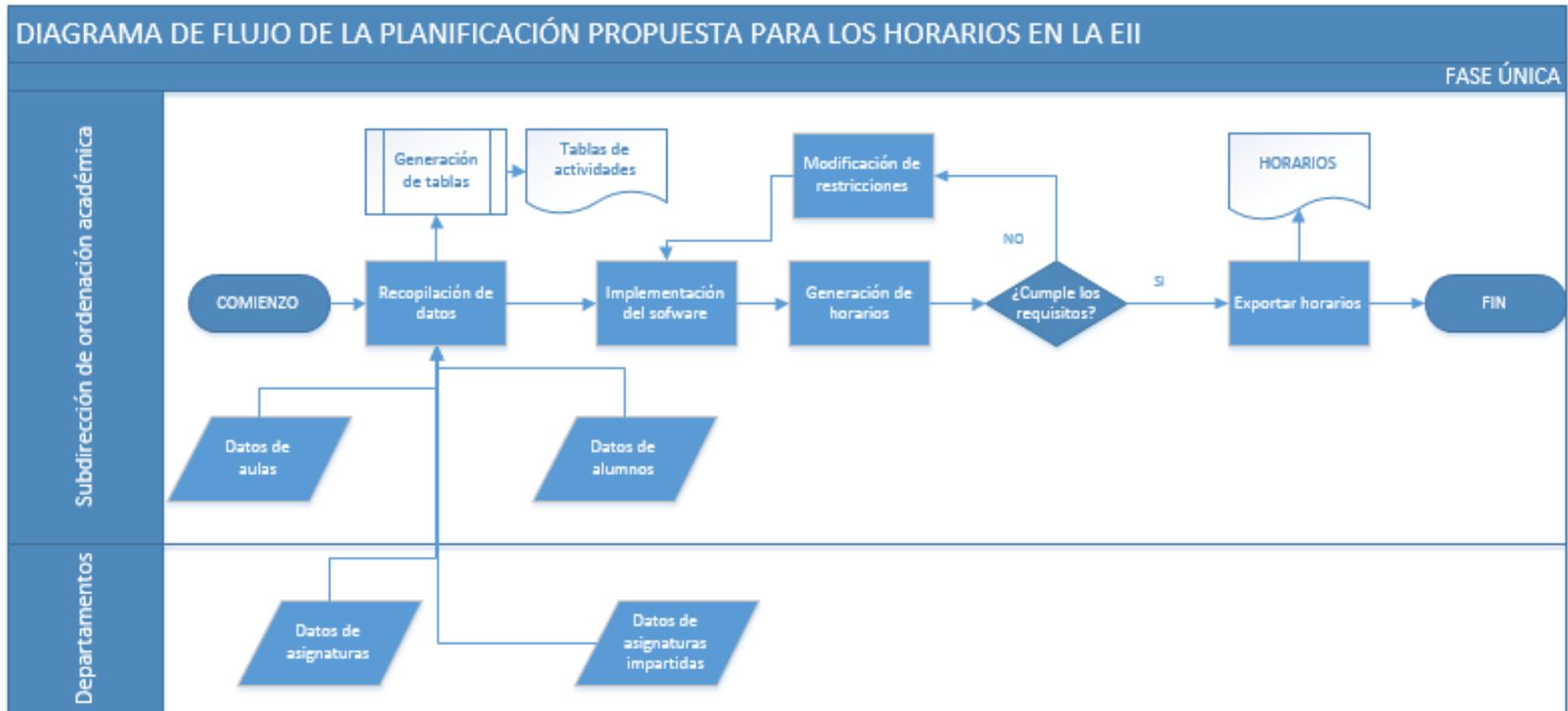


Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso de planificación de horarios propuesto. Elaboración propia.



Existe la posibilidad de que la Escuela permita a los diferentes Departamentos la introducción de los profesores, que ahora es un proceso totalmente independiente a la planificación de los horarios.

Permitir la introducción de los datos del profesorado en el software supondría la asignación de los mismos a las diferentes actividades sin generación de incompatibilidades horarias, así como la posibilidad de la generación de los horarios de clases de cada profesor. Además, debido a que los profesores son considerados recursos del problema de planificación pueden establecer ciertas restricciones sobre ellos, dependiendo del software utilizado. En definitiva, permitiría una planificación más completa y factible de los horarios, beneficiosa tanto para la Escuela como para los departamentos.

Caracterización de los requisitos y condicionantes

Para llevar a cabo este trabajo, es muy importante ser conscientes de todo aquello que necesitamos para que se planifiquen los horarios de manera satisfactoria.

Características generales

Los horarios de la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid se realizan de manera independiente para cada uno de los cuatrimestres en los que se encuentra dividido el año académico. Cada uno de estos cuatrimestres se compone de quince semanas lectivas, de cinco días por semana cada una de ellas.

Existen también dos turnos diferenciados, de mañana y de tarde. El turno de mañana comienza a las 8 y termina a las 15, siendo el periodo de 9 a 14 horas el preferido para establecer las actividades. El turno de tarde por su parte, comienza a las 15, acabando a las 22; en este caso las horas prioritarias de establecimiento de actividades es de 16 a 21.

Además, actualmente la Escuela tiene repartidas sus titulaciones en dos sedes claramente diferenciadas: Paseo del Cauce y Francisco Mendizábal. Por tanto, también será otra de las características que nos diferencien los horarios, ya que entre los alumnos, dentro de su horario principal no existe intercambio entre sedes. Sólo existirá alguno de manera puntual para la realización de alguna actividad en laboratorios, pero que se establecerán fuera del horario habitual.

Todas estas características tendrán un peso principal a la hora de la generación de los horarios.



Principales condicionantes

En este apartado vamos a reflejar los diferentes aspectos claves que requiere la Escuela a la hora de la planificación adecuada de los horarios de las titulaciones.

Uno de los principales condicionantes para la Escuela reside en la ocupación de las aulas, tanto las de informática como las estándar, debido al gran volumen de demanda de las mismas y el número limitado de ellas. En relación con las aulas, otro de los aspectos importantes es la capacidad de las mismas a la hora de la asignación a los grupos.

Los grupos de alumnos generan, por otro lado, gran número de restricciones para la organización de los horarios, debido a las múltiples divisiones en subgrupos (no necesariamente disjuntos) de los mismos, y la necesidad de no generar incompatibilidades a los mismos.

Por todo ello, es importante poder generar horarios tanto para aulas como para alumnos de manera diferenciada.

Otros aspectos a considerar

La generación de los horarios de la escuela es algo complejo, ya que abarca diferentes ámbitos y relaciona a diferentes colectivos tan dispares como pueden ser los alumnos y los profesores. Además, requiere manejar una gran cantidad de datos. A continuación vamos a exponer, brevemente, las características más problemáticas que existen en la descripción del problema y que pueden influir en el desarrollo de la planificación de los horarios:

- La necesidad tan alta de uso de los laboratorios, y las plazas limitadas de los mismos supondrán uno de los principales desafíos a la hora de conseguir una adecuada planificación al problema.
- Otro de los problemas principales, también asociado a la planificación de los laboratorios, reside en que estas actividades no suelen realizarse de manera periódica en todas las asignaturas, sino que depende del número de horas de laboratorio y la disponibilidad de los mismos, pudiendo ser desde quincenales, a tres o cuatro ocasiones al cuatrimestre. Este tipo de actividades nos resultarán más costosas de planificar, ya que, la mayoría de estos softwares están optimizados para realizar los horarios de manera idéntica para un periodo determinado, es decir, que si el periodo básico que insertamos para la planificación es de una semana, las actividades tendrán que repetirse a lo largo de todas las semanas de la planificación.



- Como no es la Escuela la encargada de asignar los profesores a las asignaturas, nos generará un problema a la hora de planificar y balancear las horas asignadas a cada profesor. Existe, como se ha explicado con anterioridad, la posibilidad de permitir a los departamentos la introducción de los profesores para la generación de los horarios.
- Existen también asignaturas que son impartidas por más de un departamento. Esto también va a complicar la manera de realizar la planificación de los horarios: va a complicar los datos que tenemos como entrada del programa siempre que queramos que queden reflejadas como horas para un departamento.
- Otro de los problemas que van a surgir reside en la diferencia de alumnos en las diferentes asignaturas. Los programas toman los cursos de tamaño estándar, para todas las actividades el tamaño es el mismo, en cambio, el número de alumnos en cada actividad dentro de la Escuela es variable, esto puede suponer algún conflicto para la asignación de las aulas, ya que pueden asignarse aulas que no cumplan con la capacidad necesaria para algunas asignaturas, o en las que sobren demasiadas plazas, lo que hará que no se optimice de manera adecuada las aulas.

Cronograma

El orden seguido para la realización de este trabajo ha sido el siguiente:

1. Familiarización con el problema: conocer qué es lo que abarcaba el trabajo, así como una visión general del mismo.
2. Búsqueda y elección del software: comprende la prueba y estudio de algunos de los programas que se verán explicados con detalle más adelante. En este apartado empecé un tiempo bastante elevado debido a la necesidad de adaptar los datos al marco de trabajo de cada programa, y a las dificultades surgidas con la instalación de algunos de los programas.
3. Recopilación, análisis y tratamiento de datos: este supone otro de los apartados principales del trabajo, ya que para poder generar los horarios se necesita recopilar y ordenar una gran cantidad de datos.



4. Generación de horarios: desde la introducción de los datos en el programa hasta que se exportan los ficheros completamente finalizados. Así como un pequeño análisis de los mismos para comprobar que cumplen con todos los requisitos.
5. Valoración y crítica: valoración de las capacidades y opciones que ofrece el software para la planificación, así como la adecuación de los a los requisitos que tiene la Escuela.
6. Redacción de la memoria: la redacción de este trabajo se ha realizado de manera paralela a todos los apartados anteriormente citados.

Estas actividades quedan recogidas sintéticamente en la Tabla 1 que se encuentra a continuación, en ella queda reflejada también la duración estimada al comienzo de la realización del trabajo, así como la duración real que finalmente han tenido.

Nº	TAREA	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN TEÓRICA	DURACIÓN REAL
1	Familiarización con el problema	Conocer lo que abarca el trabajo, obtener una visión general del mismo	2 semanas	2 semanas
2	Búsqueda y elección del software	Probar y estudiar algunos de los programas que se verán explicados con detalle más adelante.	6 semanas	7 semanas
3	Recopilación, entendimiento y tratamiento de datos	Generar ficheros acordes a las necesidades del programa y de la planificación.	6 semanas	5 semanas
4	Generación de horarios	Introducir los datos en el programa hasta que se exportan los ficheros completamente finalizados. Analizarlos para comprobar que cumplen con todos los requisitos.	2 semanas	4 semanas
5	Valoración crítica	Valoración de la utilización del software en la Escuela.	1 semana	1 semana
6	Redacción de la memoria	Transcripción de todo lo llevado a cabo en las tareas anteriores.	10 semanas	12 semanas

Tabla 1. Tabla resumen del desarrollo del trabajo. Elaboración propia.

A continuación en la Ilustración 4 se muestra gráficamente el proceso que, en un principio había planificado, así como se muestra en la Ilustración 5

el que finalmente se llevó a cabo, para poder comparar el tiempo de ejecución de este trabajo.

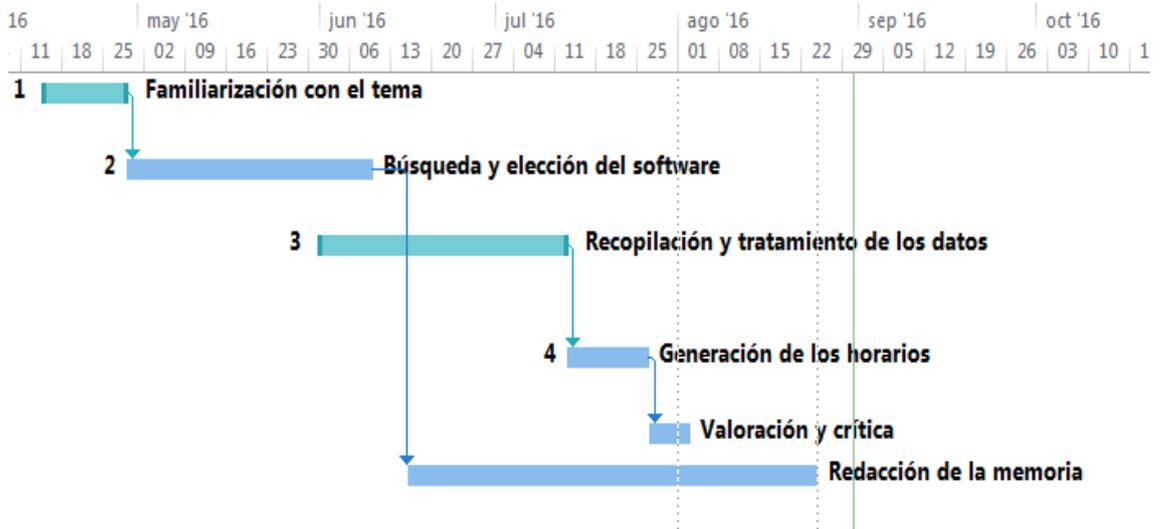


Ilustración 4. Diagrama de Gantt de la planificación de las tareas del trabajo. Elaboración propia.

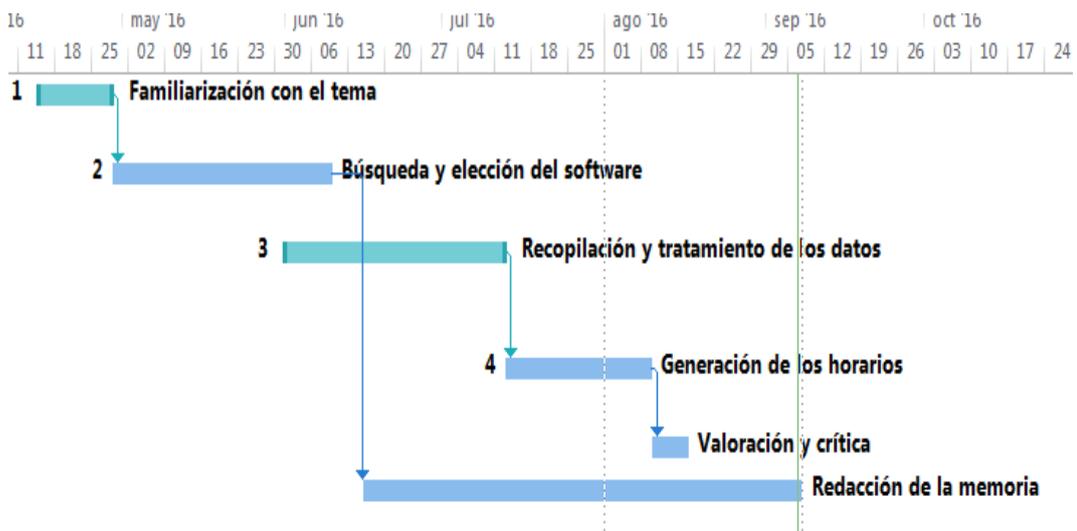


Ilustración 5. Diagrama de Gantt de la ejecución de las tareas del trabajo. Elaboración propia.

Organización del trabajo

El trabajo está dividido en dos partes principales; la primera de ellas es la elección del software de planificación, y la segunda la implementación de dicho software en el caso concreto de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

La primera parte, que trata sobre el software, consta de un estudio de los diferentes programas que existen actualmente y sus posibilidades a la hora



de implementarlos, así como la elección y caracterización de uno de ellos sobre el que continuar desarrollando el trabajo.

En la segunda parte se lleva a cabo la implementación del programa preseleccionado para generar los horarios de la Escuela, a nivel de grado, con los pasos seguidos para ello, desde la generación o recopilación de los datos necesarios para el proceso, hasta un estudio de la adecuación del mismo a la planificación de los horarios de la Escuela.

Finalmente se encuentra la bibliografía que se ha seguido para el soporte del trabajo y los anexos donde se encuentra información complementaria más relevante.

En el soporte informático que acompaña este Trabajo de Fin de Grado se encuentra toda la información adicional que se ha utilizado a lo largo del trabajo. A continuación se va a exponer la estructura de la información incluida en el CD.

Estos documentos se han distribuido según hayan sido utilizados como datos de entrada para el programa o datos de salida generados por el mismo. Los datos de entrada se han denominado tablas y recogen la información que ha sido necesaria manejar para poder generar los horarios; están clasificadas según el tipo de información que contengan. Por su parte, los horarios constituyen los datos de salida obtenidos tras la realización de este Trabajo Fin de Grado. Dentro de ambos directorios la información se encuentra ordenada según se han ido realizando las pruebas del programa.

PARTE I.

SOFTWARE



PARTE I. SOFTWARE

Capítulo 1: Selección del software

Para la realización de este trabajo he valorado algunos de los programas que se emplean en otros centros con el mismo propósito, y que se encuentran disponibles en internet. En esta búsqueda encontré varios programas diferentes que, con sus características, se ajustaban a los requerimientos generales de la Escuela, expuestos con anterioridad en el apartado *Características*.

No todos los programas existentes tienen las mismas utilidades, por eso vamos a realizar un pequeño análisis de los mismos para seleccionar finalmente el que más se adecúe a las necesidades de la Escuela.

1.1. Programas estudiados

En este apartado se exponen los programas que, tras un análisis preliminar, parecían más completos e interesantes para la resolución del problema planteado.

- **UNITIME**

UniTime es un sistema de planificación de horarios educativos que permite el desarrollo de horarios de curso y horarios de exámenes, gestionar cambios en estos horarios, compartir aulas con otros eventos y planificar a los estudiantes sus clases individuales. (Unitime, 2016)

Es un sistema distribuido que permite a las universidades, facultades y a los encargados departamentales de planificación coordinar sus esfuerzos para construir y modificar un horario que contenga sus diversas necesidades organizacionales mientras que permita la minimización de los conflictos en los grupos de alumnos. Puede ser usado individualmente para crear y mantener un horario escolar de clases y/o exámenes, o de forma interactiva con un sistema de información de estudiantes ya existente. (Unitime, 2016)

El sistema fue desarrollado como un trabajo de colaboración entre facultades estudiantes y personal de universidades de América y Europa. El software es de distribución libre bajo una licencia abierta en busca de que otras universidades y colegios puedan beneficiar a sus estudiantes a través de una mejor planificación de los horarios; o deseando contribuir al desarrollo de las investigaciones en el área de la planificación. El proyecto de UniTime ha



comenzado a ser patrocinado por la Fundación Apereo en Marzo del año 2015. (Unitime, 2016)

UniTime es un software enfocado específicamente a la planificación de horarios de las universidades. Es libre, y permite reprogramaciones y cambios en el programa.

Su ejecución se realiza vía web, lo que requiere conexión a internet para su funcionamiento. El funcionamiento de esta aplicación web está bajo Java, lo que hace necesario tener instalado un desarrollador Java. Además, requiere la instalación de un gestor de bases de datos para poder implementar correctamente los horarios. Todo ello hace más compleja su instalación.

El algoritmo de solución optimiza de manera satisfactoria gran variedad de restricciones, y es capaz de identificar inconsistencias y problemas potenciales de los datos de entrada.

- **MIMOSA**

Mimosa Software Ltd. es una compañía privada finlandesa que fue fundada en 1986. El principal foco de trabajo de esta compañía es el desarrollo del software de planificación conocido como Mimosa, diseñado para todo tipo de instituciones educativas, compañías y organizaciones de todo el mundo. La compañía también tiene un servicio de seminarios y consultas en aspectos relacionados con la planificación de horarios. (Mimosa Software Ltd, 2016)

La compañía tiene dos versiones del software disponibles. La versión libre y la de prueba permiten a los usuarios utilizar casi todas las características de la versión comercial, sin ningún cargo adicional. (Mimosa Software Ltd, 2016)

En la actualidad Mimosa se distribuye en todo tipo de espacios académicos, desde guarderías hasta universidades, en 80 países de todos los continentes. El número de nuevos clientes está aumentando en una proporción muy elevada actualmente. Además el amplio número de sectores en los que está siendo usado el programa muestra la versatilidad y flexibilidad del mismo. (Mimosa Software Ltd, 2016)

Mimosa es el líder del mercado, por ejemplo, en los institutos politécnicos finlandeses que generalmente tienen miles de estudiantes en diferentes localizaciones y también ha sido usado para gestionar grandes congresos internacionales, para ambas actividades se requieren solo una fracción de la capacidad del programa. (Mimosa Software Ltd, 2016)



Mimosa es un programa multiplataforma, pero no es un programa abierto en su versión más completa. Tiene una versión de prueba gratuita durante 30 días, y una versión demo, más básica, que sí que es gratuita. La versión de prueba gratuita tiene unas características muy limitadas, y que no permite realizar la misma cantidad de funciones que los otros programas probados.

Está preparado para la planificación de horarios en diferentes entornos como pueden ser los colegios e institutos, las universidades o las compañías. Siendo capaz de adaptarse a las diferentes necesidades que tiene cada uno de ellos.

Permite la creación de horarios de manera automática o manual, con la guía del propio programa. En la opción automática, Mimosa genera horarios compactos en los que te da la opción de escoger qué variable o parámetro optimizar y cómo hacerlo.

Tiene capacidad para manejar un gran volumen de datos, de semanas o cuatrimestres, así como un gran número de horarios. Todo ello sin necesidad de tener una base de datos externa, lo que facilita su uso. Es un programa que ocupa poco espacio, y cuyas acciones son rápidas, aunque la cantidad de datos con la que esté trabajando sea elevada.

Mimosa ofrece flexibilidad a la hora de definir los tipos de recursos que se tienen, así como el esquema del calendario que se va a utilizar.

Permite importar información desde otros formatos, así como exportarla fácilmente.

- **FREE TIMETABLING SOFTWARE (FET)**

Liviu Lalescu – el desarrollador de este software - inició su proyecto a finales del año 2002 mientras trabajaba en su diploma. Se examinó de programación informática (especialización en software) en junio de 2003. FET tenía una gran variedad de restricciones, pero lamentablemente el algoritmo evolucionario solo podía resolver horarios sencillos. A pesar de los grandes esfuerzos durante los siguientes años en la investigación, el algoritmo genético nunca fue lo suficientemente bueno para resolver horarios complejos. En el verano de 2007 se hicieron grandes avances, se creó un nuevo algoritmo heurístico (basado en el intercambio recursivo de actividades) podía resolver horarios difíciles en unos minutos (Dirr, 2009).



Es un programa abierto y gratuito, que además es multiplataforma. Su instalación es muy sencilla y su ejecución es rápida y directa. El interfaz es sencillo de uso y tiene la posibilidad de cambiar el idioma a español.

Permite subdividir los grupos de alumnos en otros más pequeños, lo que proporciona una mayor flexibilidad a la hora de poder trabajar con él.

También permite importar los datos desde archivos, lo que simplifica y reduce los tiempos necesarios para ello.

Se pueden exportar los horarios en HTML lo que permite colgarlos en la web de la escuela fácilmente. Además permite sacar los horarios de manera diferente, por profesores, alumnos...

Las restricciones que se imponen a los horarios tienen asignado un porcentaje, lo que las da una condición prioritaria o no frente a otras, permitiendo una jerarquía de las mismas.

1.2. Elección del programa

Basándonos en las características que tenemos en el apartado anterior, y en la propia experiencia con los programas, vamos a analizar cuáles son sus ventajas e inconvenientes, para finalmente elegir uno de ellos sobre el que trabajaremos para la planificación de los horarios.

- **UNITIME**

Este programa a priori era el candidato más firme para la resolución del problema de planificación de horarios, pero a la hora de su instalación, que es muy laboriosa, surgieron inconvenientes que han dificultado, finalmente, su uso.

La dificultad de instalación de este programa reside en el elevado número de programas y complementos auxiliares que hay que instalar para su funcionamiento. Durante la prueba de este software aparecieron problemas en la instalación y funcionamiento que finalmente han inclinado la balanza hacia otras alternativas.

Otro de los contras con los que cuenta este programa, es la imposibilidad de trabajar en español con el mismo, ya que actualmente sólo está desarrollado en inglés.

- **MIMOSA**

Este programa, que no es gratuito en su forma más completa, tiene una versión gratuita de prueba que no permite obtener el máximo rendimiento del mismo, lo que hace que no sea tan interesante a la hora de realizar el estudio sobre él.

Se ha probado la versión libre de este software para conocer mejor las características del mismo, y valorar la opción de trabajar con la prueba completa del programa.

Una de las principales características es que permite planificar los horarios por semanas, lo que es muy necesario para simplificar la planificación de los horarios de la Escuela, ya que las actividades están repartidas en la totalidad del tiempo del cuatrimestre, no de manera semanal. Esta característica supone una ventaja sobre otros de los programas estudiados.

Por el contrario, no permite la importación de los datos desde ficheros .txt lo que hace que la introducción de los datos de todos los recursos sea muy laboriosa y conlleve una gran cantidad de tiempo.

Además, no permite la división de los grupos de alumnos en otros grupos más pequeños, lo que para la planificación que se lleva a cabo en la Escuela es imprescindible.

La versión de prueba tiene el inconveniente de la duración tan limitada del tiempo de prueba de la misma, ya que no permite conocer tan a fondo todas las posibilidades del programa ni realizar un estudio tan extenso.

- **FREE TIMETABLING SOFTWARE (FET)**

Las características a destacar de este software son su descarga directa de la propia página web y la sencillez de instalación de este programa. También su carácter libre, que hace más accesible el programa.

Una vez instalado sobresale la simplicidad del interfaz, que facilita enormemente la tarea de comprensión del mismo. Otra de sus características es que se puede trabajar en español, configurando el idioma, aunque no esté todo perfectamente traducido, sí que simplifica el trabajo.

Uno de los inconvenientes de este programa reside en que la planificación la realiza en periodos semanales iguales, es decir, genera un horario semanal - o de dos semanas - que será el que se repetirá a lo largo de los cuatrimestres. Esto no se adecua a las necesidades de la Escuela en un



primer momento, no obstante, puede adaptarse de una manera bastante satisfactoria.

Uno de los puntos fuertes de este software está en que permite distribuir a los alumnos en varias divisiones, al igual que se hace actualmente en la Escuela, lo que permite generar horarios bastante similares a los actuales.

1.2.1. Resumen de los programas

La Tabla 2 muestra un resumen de las principales características, así como datos a tener en cuenta, de los softwares mencionados anteriormente.

CARACTERÍSTICAS	PROGRAMAS		
	UNITIME	MIMOSA	FET
Libre	Si	No	Si
Instalación	Difícil. Requiere la instalación de varios programas así como una conexión a internet para su funcionamiento.	Sencilla. No requiere base de datos externa, y no ocupa mucho espacio.	Sencilla. Sólo requiere la instalación del software.
Actualizaciones	Frecuentes	Frecuentes	Frecuentes
Idioma	Inglés	Inglés	Español (traducido)
Horario	Online.	Permite exportarlo en HTML y también en archivo.	Permite exportarlo en HTML y también en archivo.
Periodo	-	Abarca todas las semanas del cuatrimestre.	Periodo reducido que se repite a lo largo del cuatrimestre.
Distribución de los alumnos	-	Sólo una división.	Varias divisiones.

Tabla 2. Tabla comparativa de softwares de planificación de horarios. Elaboración propia.

1.3. Programa elegido

Por todo lo visto anteriormente, el programa elegido para llevar a cabo la planificación de los horarios de la escuela es Free Timetabling Software, a partir de ahora denotado como FET.



El programa fue creado en Octubre del año 2002, entonces utilizaba un algoritmo genético que era lento y sólo capaz de resolver horarios simples. Fue en 2007 cuando el algoritmo que utiliza actualmente el programa fue descubierto, y posteriormente implementado en el software ya que permitía la resolución de horarios más complejos además de hacerlo de una manera más rápida. Es un algoritmo heurístico, que se conoce como “recursive swapping” que simula el procedimiento de planificación de horarios realizado de manera manual. (Lalescu, 2016)

Para la elección del software se han tenido en cuenta las características que se han descrito anteriormente, así como algunas que son el resultado de la prueba de los mismos, que están reflejadas a continuación.

Este software libre y gratuito permite la consecución de casi todos los objetivos o requerimientos del problema de planificación de horarios de la Escuela.

Entre las características destacables está la posibilidad de importar los datos al mismo desde archivos de texto, lo que facilita la introducción rápida de los datos al programa, no teniéndolo que introducir manualmente. Aunque, de todas formas requiera la tenencia ordenada apropiadamente de los datos que se importan.

Además, posee una interfaz sencilla que facilita el entendimiento del programa y permite trabajar más cómodamente.

Existe también la posibilidad de trabajar con el programa tanto en inglés como en español, aunque esta última versión no está completamente traducida, y partes de la misma quedan en inglés.

Cabe destacar sobre este software que es un programa sobre el que se realizan continuas actualizaciones, en las que se van mejorando de manera paulatina ciertos aspectos, algunos de ellos bajo recomendaciones de usuarios del programa.



Capítulo 2: El programa Free Timetabling Software

En este capítulo vamos a ver, de manera general, cómo se trabaja con FET, el programa que hemos elegido para el desarrollo de la planificación de los horarios.

Esta información está basada principalmente en el manual del programa al que se puede acceder desde la página de descarga del programa.

2.1. Configuración básica

Primero, para familiarizarnos con los términos que utiliza el programa, vamos a ver a qué se refiere para nosotros cada uno de ellos. Toda esta información ha sido extraída del MANUAL FET (Dirr, 2009)

- **NOMBRE DEL CENTRO**

El nombre del centro o institución es un dato opcional. Si se aporta aparecerá escrito en la impresión de los horarios, aunque será fácil ocultarlo o modificar su aspecto.

- **DÍAS POR SEMANA Y HORAS POR DÍA**

Los días por semana serán aquellos en los que se puedan planificar las actividades, en nuestro caso, de lunes a viernes. Estos datos también se imprimen en el horario, esta vez como encabezado.

Las horas por día son los periodos lectivos que seleccionamos dentro de cada día, cada “hora” se considerará como un periodo, y será en esos periodos en los que se asignen las actividades.

No es necesario que los periodos tengan la duración exacta de una hora, pero hay que tener en cuenta que las actividades se organizarán en múltiplos enteros de ellos para aquellas que tengan una duración mayor a uno. Será por ello importante que todos los periodos que creemos tengan la misma duración, a menos que haya un periodo que siempre tenga la misma duración y actividad asociada, como puede ser un descanso en mitad del horario.

Asignar el tiempo al periodo será un paso importante que nos condicionará la planificación de nuestros horarios.

- **PROFESORES, MATERIAS, TIPOS DE ACTIVIDAD Y AULAS**

Los nombres de los profesores, materias, aulas y tipos de actividad van a ser impresos en los horarios, por eso, el manual recomienda que se utilicen abreviaturas para que sea más fácil la comprensión de los mismos.

A las actividades se les puede añadir información adicional de manera opcional en forma de etiquetas. Estas etiquetas pueden ser el tipo de actividad que se desarrolla en ese periodo, la hora de preferencia de comienzo, el horario de mañana o tarde en el que deben impartirse.

Antes de utilizar estas etiquetas de actividad, es conveniente tener conocimiento de las restricciones que pueden emplearse en este programa.

La capacidad de las aulas se refiere al número de actividades que pueden asignarse simultáneamente a ellas. Esto tendrá que tenerse muy en cuenta a la hora de realizar la planificación.

- **AÑOS, GRUPOS Y SUBGRUPOS**

Para la correcta planificación de los horarios, habrá que tener muy presente cuál es la diferencia que existe, para FET, entre años, grupos, subgrupos, clases, cursos, divisiones y categorías.

Año o curso: contiene un grupo de alumnos en la misma etapa, es decir, lo que generalmente denominamos como curso. Generalmente, cada año o curso contiene varios grupos o clases. Dentro de este trabajo vamos a referirnos a ello como curso, ya que año puede inducir a error con el tiempo real en el que se están cursando los estudios.

Grupo o clase: es un conjunto de alumnos que asisten a las mismas actividades, es decir, que tienen las mismas materias impartidas por el mismo profesor.

Categoría: un conjunto de grupos que pueden tener actividades de manera simultánea.

FET evita la utilización de las clases, ya que su definición puede ser confusa.

Para simplificar lo explicado anteriormente en la Ilustración 6 tenemos un pequeño esquema de la estructura de las divisiones en el programa.



Ilustración 6. Esquema de división de cursos. Elaboración propia.

- **ACTIVIDADES**

Una actividad está compuesta en la mayor parte de las ocasiones por: una materia, un grupo de alumnos, un profesor y una duración. Pueden añadirse a una actividad más de un grupo de alumnos o más de un profesor.

Las actividades a su vez pueden dividirse en varias subactividades, o incluso crearse actividades a las que no se asigne ningún profesor o grupo de alumnos, que llamaremos pseudoactividades.

Hay que tener en cuenta que el trabajo previo a la realización de la planificación de las actividades en sí, FET no lo realiza, por ello hay que pensar en todas las actividades y su composición. Así como si todos los alumnos y profesores tienen el número correcto de actividades asignadas.

A la hora de añadir una actividad hay que ser conscientes de la frecuencia de la misma, es decir, si se repite de manera semanal o si se realiza varias veces a la semana. En este último caso, además, se tendrá que tener en cuenta si la actividad se puede realizar de manera continua durante más de un periodo de tiempo, o si tiene que distribuirse a lo largo de la semana.

Una vez por semana: sólo hay que añadir la actividad, con su profesor, materia y grupo de alumnos correspondiente. La duración de la actividad será igual a uno, no necesita modificación.

Varias veces por semana: cuando una actividad se repite a lo largo de una semana, su duración es distinta de uno, esto quedará reflejado a la hora de caracterizarla con profesor, materia y grupo de alumnos. En este caso, nos encontramos con que esas actividades se pueden realizar de manera continua, o de manera individual.

Individual: en el caso que queramos repartir estas actividades a lo largo de la semana en periodos aislados, tendremos que disgregar la actividad en tantas subactividades como periodos queramos a lo largo de la semana.



Al añadir más de una subactividad, el programa nos pedirá que introduzcamos la restricción de mínimo número de días que han de transcurrir entre que se produzcan esas subactividades.

Además, al añadir subactividades, para que se cumpla que no se realicen de manera continua, tenemos que añadir una ponderación de 100%, esta ponderación se realiza sobre la restricción que hemos creado de que las actividades sean no consecutivas, y al dotarla de la totalidad de la importancia se cumplirá de manera prioritaria.

Continua: en este caso, sólo tendremos que aumentar la duración de la actividad a tantos periodos como queramos, y el programa los planificará de manera conjunta.

Cuando sea indiferente que las actividades sean continuas o no, se dividirá la actividad en subactividades y se disminuirá la ponderación de 100%, esto hará que la condición de que no sean consecutivas no sea prioritaria, y sólo se cumpla si fuera posible.

Puede ocurrir que dos subactividades de la misma actividad no tengan la misma duración, eso implicaría que una de las subactividades ocupara periodos consecutivos mientras la otra no.

Otro requisito que puede plantearse al programa, es la necesidad de, que si se planifican dos actividades de una misma materia en un mismo día, se realicen de forma continua, para ello, se tendrá que marcar la casilla forzar consecutiva.

Actividades de frecuencia mayor a una semana: este tipo de actividades que pueden ser muy importantes a la hora de realizar los horarios de la Escuela, ya que los laboratorios de algunas asignaturas están así distribuidos.

La solución en este caso consiste en introducir 2 semanas en la configuración básica que se realiza al principio. Ahora, lo que se tendrá que hacer será introducir las actividades dos veces, una vez para las semanas pares, y otra para las semanas impares, de esta manera, las actividades que sean sólo quincenales, tendremos que introducirlas únicamente una vez.

Para que las actividades de las semanas impares se planifiquen en esas semanas, habrá que introducir una restricción de hora de preferencia en semanas impares; se realiza de manera análoga para las semanas pares.

Bajo esta opción hay que tener en cuenta que habrá que introducir algunas de las restricciones de manera duplicada para cada tipo de actividades.

2.2. Restricciones

Las restricciones son necesarias para condicionar la planificación y la programación de las actividades dentro del horario.

Una de las potencias del programa es que te permite dotar a las restricciones de una ponderación. Esta ponderación será la que distinga entre restricciones de obligado cumplimiento y aquellas que serán preferible que cumpla, pero no necesario. También permite generar restricciones a distintos niveles.

La ponderación está relacionada con el número de veces que itera el programa para intentar cumplir con la restricción, si no lo consigue en ese número de veces, generará el horario con incompatibilidades. Por ello es importante utilizar sólo las restricciones que sean necesarias.

A continuación tenemos en la Tabla 3 una caracterización aproximada del funcionamiento del algoritmo, lo que nos permitirá posteriormente establecer la ponderación de las restricciones al nivel que más nos interese.

PONDERACIÓN	MEDIA DE REINTENTOS
50%	2
75%	4
80%	5
90%	10
95%	20
99%	199
99,5%	200
99,75%	400
99,80%	600
99,90%	1000
99,99%	10000
100,00%	ilimitado

Tabla 3. Caracterización del algoritmo de ponderación de restricciones. FUENTE: Manual FET.



2.2.1. Restricciones temporales

Dentro de las posibilidades que el software nos ofrece, vamos a ver las restricciones temporales que nos permite generar.

Nos permite establecer unos periodos de descanso comunes tanto a profesores como a alumnos, en los que no permite la planificación de ninguna actividad.

Además, dependiendo del tipo de recurso al que afecten estas restricciones de tiempo tenemos:

- **PROFESORES**

- Establecimiento de periodos de no disponibilidad para clases.
- Número máximo y mínimo de días a la semana que son laborales.
- Número máximo de huecos que puede tener al día.
- Número máximo de horas de docencia continuadas/o diarias.
- Número mínimo de horas de docencia al día.
- Número máximo de horas diarias con una actividad concreta.
- Respetar el trabajo en el mismo intervalo horario el máximo número de días a la semana.

- **ALUMNOS**

- Periodos de no disponibilidad
- Número máximo de días a la semana
- Número máximo de horas libres al día o a la semana.
- Número mínimo de horas diarias.
- Número máximo de horas diarias y/o continuas.
- Número máximo de horas diarias con una actividad concreta.
- Respetar el trabajo en el mismo intervalo horario el máximo número de días a la semana.
- Un grupo o todos los alumnos comienzan temprano.

- **ACTIVIDADES**

- Única hora preferida de comienzo de las actividades
- Varias horas de comienzo de actividades
- Preferencias en el horario de tiempos libres o vacaciones
- Un grupo de actividades tienen unos periodos preferidos
- Una actividad tiene un grupo de horas de inicio preferidas
- Mínimo de días entre un grupo de actividades
- Mínimo de huecos (periodos) entre un grupo de actividades.
- Una actividad pone fin al día de los alumnos
- Actividades ordenadas, implica que si primero se tiene que dar una actividad, por ejemplo teoría, para que se pueda impartir luego la clase de problemas, en el horario hasta que no se planifique la teoría, no podrá planificarse la clase de problemas. Sólo si es estrictamente necesario, ya que condiciona mucho el funcionamiento apropiado del mismo.
- Actividades consecutivas: se fuerza a que se produzcan de manera seguida.
- Un grupo de actividades no se solapan.

2.2.2. Restricciones espaciales

Otra de las posibilidades que el software nos ofrece, es el establecimiento de restricciones espaciales. A continuación tenemos un listado de ellas según al recurso al que afectan.

- **PROFESORES**

- Elección de un aula base o de preferencia.
- Número máximo de cambios o desplazamientos entre edificios por día o por semana.
- Número mínimo de huecos libres antes de un cambio de edificio.



- **ALUMNOS**

- Elección de un aula base o de referencia.
- Número máximo de cambios o desplazamientos entre edificios por día o por semana.
- Número mínimo de huecos libres antes de un cambio de edificio.

- **AULAS**

- Seleccionar periodos de no disponibilidad.
- Seleccionar un aula de referencia según asignatura, actividad, asignatura y actividad, profesor. Si todos los grupos, asignaturas o profesores tienen su propia aula de referencia, será mejor sólo introducir aquellas en las que pueden existir conflictos porque sean compartidas por más de una actividad, grupo...
-

- **ACTIVIDADES**

- Posibilidad de ocupar la misma aula para actividades consecutivas.
- Posibilidad de ocupar un número máximo de aulas diferentes.

2.3. Limitaciones del software

Es importante conocer las limitaciones que tiene el programa con el que vamos a trabajar, para ser conscientes de ellas y ver en qué medida nos pueden afectar a nuestra planificación.

FET tiene unos límites máximos para algunos de los parámetros que se pueden introducir que están descritos a continuación:

- Número máximo de “días laborales” por semana : 35



- Número máximo de periodos de trabajo por día:	60
- Número máximo de profesores:	6000
- Número máximo de alumnos:	30000
- Número máximo de actividades:	30000
- Número máximo de aulas:	6000
- Número máximo de edificios:	6000
- Número máximo de asignaturas:	<i>ilimitado</i>
- Número de restricciones de tiempo:	<i>ilimitado</i>
- Número de restricciones de espacio:	<i>ilimitado</i>

Como en un principio vamos a trabajar dentro de estos parámetros, no tendremos ningún problema; no obstante, será bueno tenerlos en cuenta.

2.4. Importar datos

Una de las mayores ventajas a la hora de la introducción de todos los datos que se necesitan para la completa planificación de los horarios, es poder importarlos de manera conjunta.

FET permite hacerlo desde ficheros .txt, en los que los datos han de estar separados por comas para separar las columnas, y por espacios para separar las filas. Lo que permite generar tablas tan completas y extensas como se necesiten.

El programa permite importar los datos de:

- Tipo de actividades
- Curso, grupo y subgrupo
- Materias
- Aulas
- Profesores
- Actividades

2.5. Cómo generar horarios

A continuación se expone, de manera breve, cómo deben generarse los horarios y qué hay que tener en cuenta para ello. En este apartado será sólo un desarrollo teórico, sin los posibles problemas que puedan surgir a la hora de generar los de la Escuela. Es interesante realizar una comparativa entre este

apartado con el que se expondrá posteriormente con el ejemplo concreto con el que vamos a trabajar.

A la hora de generar los horarios el programa exporta toda la documentación generada a un directorio, por ello es importante, antes de comenzar con la planificación de los horarios tener en cuenta a qué directorio va a enviarse la información.

También existe la posibilidad de seleccionar o crear uno, y hacer que el programa nos envíe allí la información generada. Para ello, hay que hacer lo siguiente dentro del programa, una vez dentro de él, dentro de Opciones -> Seleccionar un directorio de salida y ahí elegir la ubicación deseada.

Para generar un horario, tendremos que introducir primero todos los datos que vayamos a utilizar y asignar las restricciones pertinentes para su correcta planificación, una vez realizado esto desde la pestaña correspondiente al Horario, como se ve en la Ilustración 7 que tenemos a continuación.

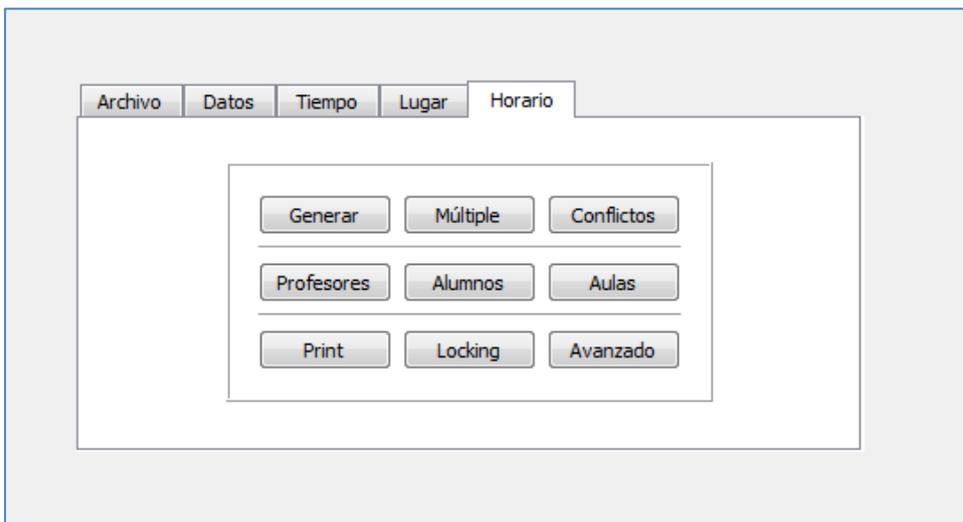


Ilustración 7. Captura de pantalla del menú Horarios en el software FET.

Una vez en este menú elegimos la opción Generar y aparecerá la pantalla que se refleja en la Ilustración 8, esta pantalla es la que informa tanto de la situación actual de la simulación como de opciones sobre las últimas simulaciones realizadas.

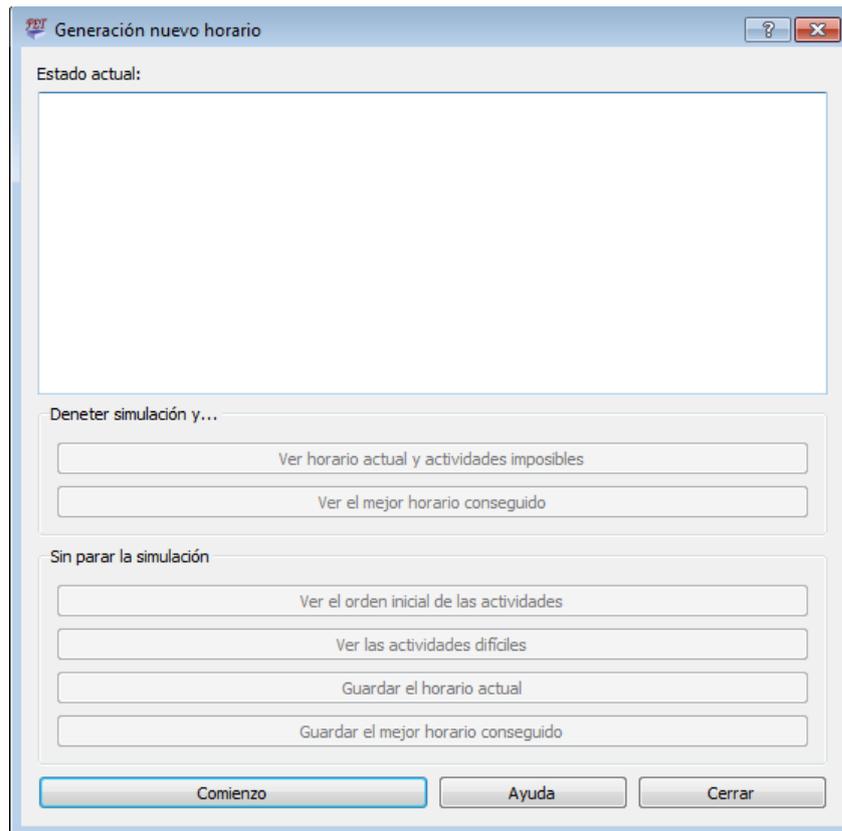


Ilustración 8. Captura de pantalla de la opción de Generar horario en el software FET.

Una vez en esta pantalla, con el botón Comienzo procederemos a generar el horario, cuando el programa haya acabado de realizar la planificación aparece algo similar a lo mostrado en la Ilustración 9.

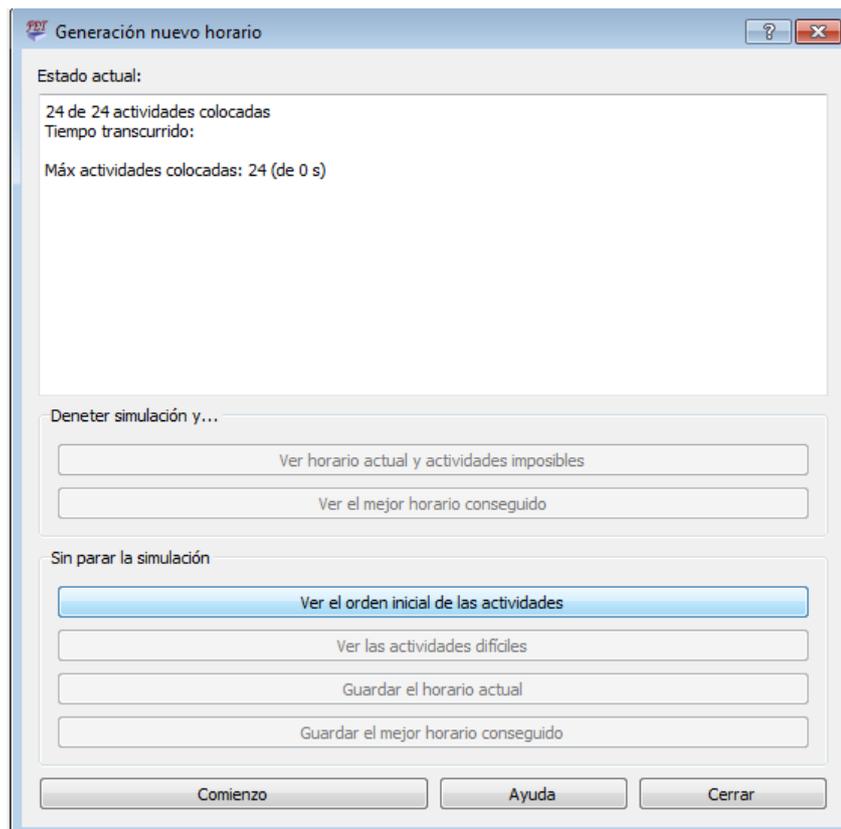


Ilustración 9. Captura de pantalla de la opción generación de horarios en el software una vez que se ha generado un horario de prueba.

En la Ilustración 9 se observa que la parte superior nos muestra las actividades que ha podido colocar de manera satisfactoria, así como las actividades totales que tenía por colocar.

A la hora de cómo se ven los horarios generados no hay más que ir a la opción de horarios, nuevamente como en la Ilustración 7 desde donde podremos tener una vista previa de los horarios generados para cada uno de los recursos que hayamos introducido. Esta opción es muy útil ya que nos permite ver, antes de imprimirlos finalmente, cómo están planificados los horarios, y existe la posibilidad de introducir alguna restricción a mayores para que se adapten mejor a nuestras necesidades.

Cada vez que se vuelven a generar los horarios, estos son susceptibles de sufrir cambios, aunque no hayamos introducido ninguna nueva restricción. Esto se debe a cómo está realizado el software. No obstante, FET nos permite bloquear algunas actividades, desde el menú Horario (Ilustración 7 anteriormente mostrada), en el apartado Locking aparece un desplegable que nos muestra una serie de opciones para fijar ciertas actividades como vemos en la imagen posterior Ilustración 10).

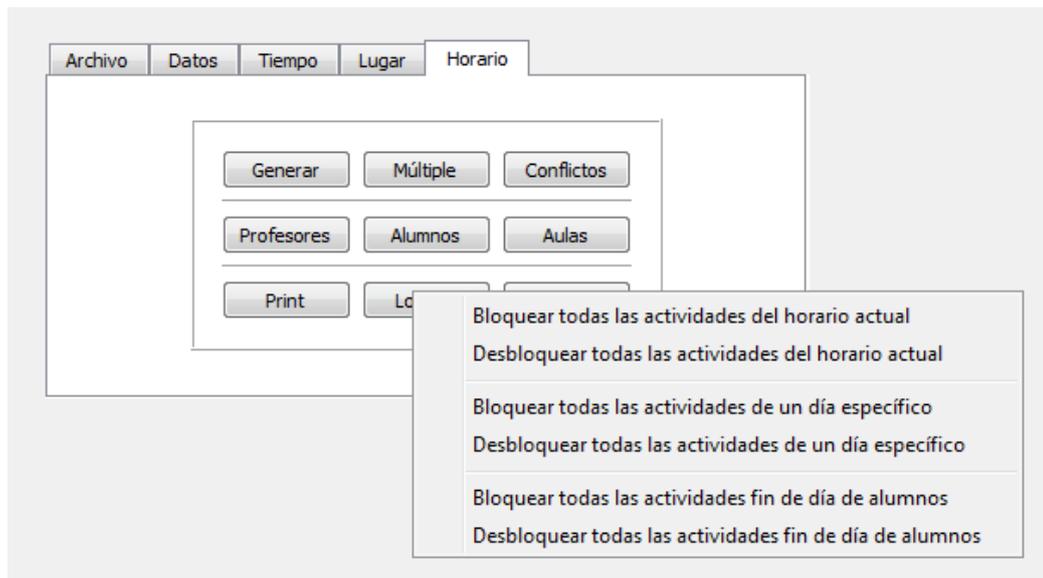


Ilustración 10. Captura de pantalla del desplegable de Locking.

Esta opción de bloquear es muy interesante, ya que permite fijar desde un grupo de actividades hasta un horario completo. Además, permite bloquear días concretos permitiendo así la creación de múltiples combinaciones sobre las que poder elegir, partiendo de una base que sea adecuada.

Una vez que el horario sea acorde a las necesidades, sólo hará falta imprimirlo mediante el botón que existe en el menú de Horarios (Ilustración 7) en el programa podremos exportar fácilmente el archivo en formato pdf, lo que será de gran interés a la hora de publicarlo en la página web de la Escuela.

PARTE II. GENERACIÓN DE HORARIOS



PARTE II. GENERACIÓN DE HORARIOS

Capítulo 3: Recopilación de los datos

Para la planificación de los horarios es necesario trabajar con gran cantidad de datos, que integran desde los grupos de alumnos y su número, hasta las aulas y su capacidad, incluyendo materias y actividades.

Es importante gestionar los datos de la manera más adecuada posible a la forma en la que el software nos pide que le introduzcamos los datos. Este proceso de extracción de los datos necesarios y su ordenación es un proceso bastante laborioso que implica una gran carga de trabajo, y que es algo que complica la planificación de horarios de manera automática, ya que tiene que realizarse manualmente.

No obstante, una vez que se conoce cuál es la mejor manera de tener almacenados y ordenados los datos, así como codificaciones necesarias de los mismos, será mucho más sencillo en veces posteriores crearlo, e incluso puede ser que no haga falta, siendo aprovechables los datos de un año para el posterior introduciendo unos mínimos cambios.

Los datos con los que vamos a trabajar en un primer momento serán:

- Asignaturas de cada titulación, con las horas que tiene asociada cada una, la distribución de las mismas según el tipo de actividad, el número de divisiones de grupo. Estos datos se obtienen del Plan de Organización Docente de la Escuela de Ingenierías Industriales.
- El número de alumnos esperados para cada asignatura. Estos datos se obtienen también del Plan de Organización Docente de la Escuela de Ingenierías Industriales.
- Las aulas existentes en cada sede de la Escuela, junto con su capacidad.

De todos estos datos, el más importante será el de las actividades que tiene cada titulación, caracterizadas las mismas según asignatura, grupo de alumno y horas que se imparten.

3.1. Caracterización de los datos

Para comenzar con la caracterización de los datos, hay que tener presente lo expuesto en el apartado Características, así pues, la caracterización de los datos será dependiendo de aquello que nos interese en cada momento.

Lo primero que hay que tener clasificado son las diferentes titulaciones a nivel de grado que tiene la Escuela, quedan reflejados en la Tabla 4.

Además de las titulaciones y su sede principal, también tenemos las abreviaturas con las que nos vamos a referir a ellas a lo largo del trabajo.

SEDE	TITULACIÓN	ABREVIATURA	LETRA ASIGNADA
Paseo del Cauce	Ingeniería en Organización Industrial	IOI	O
	Ingeniería Mecánica	IM	M
	Ingeniería Química	IQ	Q
Francisco Mendizábal	Ingeniería de Tecnologías Industriales	ITI	T
	Ingeniería Eléctrica	IE	E
	Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática	EIA	EIA
	Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	IDlyDP	D

Tabla 4. Grados impartidos en la escuela por sedes. Elaboración propia.

Como actualmente las titulaciones están separadas por sedes, para que resulte más sencillo realizar los horarios, vamos a disgregarlos por sedes. Esto podrá generar problemas en las compatibilidades de clases para los profesores, como esta planificación no incluye la asignación de los profesores, no tendremos que solventarlo, pero es conveniente tenerlo en cuenta. No obstante, como el programa permite establecer restricciones de distancia, si

fuera necesario podría solventarse asignando una distancia muy elevada entre los edificios.

También será importante conocer el número de grupos que tiene cada titulación, y su distribución en las dos franjas horarias. Esto lo veremos en la Tabla 5 que tenemos a continuación:

Sede Paseo del Cauce								
	1º		2º		3º		4º	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Ing. Mecánica	2	1	1	1	1	1	1	1
	M11	M13	M21	M22	M31	M32	M41	M42
	M12							
Ing. Organización Industrial	1			1	1			1
	O11			O21	O31			O41
Ing. Química	1	1	1			1	1	
	Q11	Q12	Q21			Q31	Q41	

Tabla 5. Número de grupos y distribución de los mismos. Elaboración propia a partir de los datos de la página de la EII.

Hay que tener en cuenta que existen casos especiales en la planificación de los horarios como pueden ser, dentro del grado en Organización Industrial, el primer cuatrimestre del cuarto curso, ya que tiene asignaturas optativas que reparten sus actividades entre el turno de la tarde y el de la mañana en la planificación actual.

También, dentro de la titulación de Mecánica, se dan algunas de estas complicaciones, por ejemplo tanto el grupo M41 como el M42 tienen actividades por la mañana y por la tarde en el segundo cuatrimestre, ya que las optativas son compartidas por ambos, para ello se asignarán las que sean por la mañana al grupo de mañana, y las que correspondan a la tarde al grupo de tarde.

3.2. Datos recopilados

Para no tener que introducir los datos de manera individual en el programa, vamos a utilizar la opción de importar los todos de manera conjunta. Para ello sirve con tan solo pasar aquellos datos que nos interesen a un fichero .txt, con las columnas separadas por comas y las filas por espacios, y podremos importar tantos datos de tantos ficheros como tengamos, lo que hará mucho más rápido el trabajo.

En este apartado vamos a exponer los datos que tendremos que ir importando, así como la forma que han de tener los mismos, para completar toda la información que requiere el programa para hacer la planificación de los horarios.

Para ello, realicé unas pruebas de importación de datos. El resultado es que queda reflejado a continuación.

3.2.1. Tipos de actividades

A la hora de importar los datos de los tipos de actividades que existen en la Escuela, el programa lo pide como se muestra en la Ilustración 11 que tenemos a continuación, con un solo campo a completar.

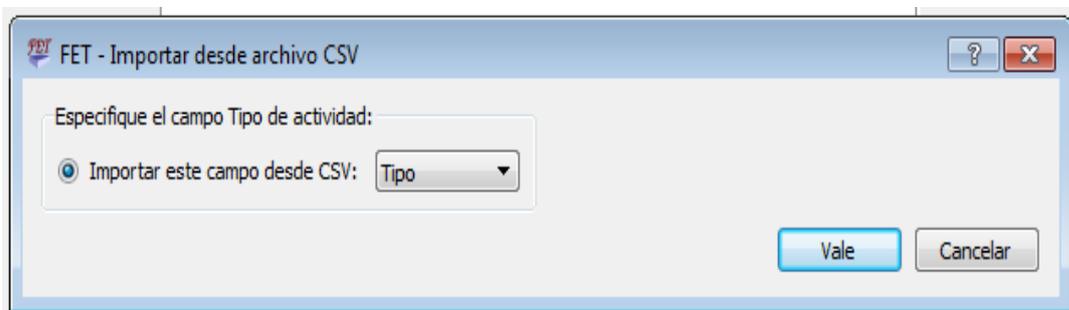


Ilustración 11. Captura de pantalla de la opción Importar archivo tipo de actividades.

La tabla generada para los tipos de actividades, sólo tiene una entrada, en este caso se ha reflejado también la abreviatura que se va asignar a cada uno de los tipos. La información queda recogida en la Tabla 6.



TIPO DE ACTIVIDAD	
TEORÍA	T
SEMINARIO	S
AULA	A
LABORATORIO	L

Tabla 6. Tipos de actividades dentro de la Escuela de Ingenierías Industriales. Elaboración propia.

3.2.2. Curso, grupo y subgrupo

En este apartado se caracterizan y distribuyen a los alumnos, es uno de los apartados más determinantes para la planificación, ya que será con estas divisiones con las que se trabaje a lo largo de todo el estudio.

Los cursos constituyen la agrupación inicial de alumnos, que abarca todas las demás divisiones los estudiantes. En nuestra planificación, el curso es, prioritariamente, la agrupación que corresponde con las clases de teoría.

Los grupos son la división directa de los cursos, constituyen un primer nivel de desagregación de alumnos. En el caso de la Escuela, los grupos en los que se dividen los cursos corresponden a los grupos de aula y teoría de las asignaturas, que generalmente es de dos.

La división en grupos mínimos –subgrupos- se hace en función de los grupos de laboratorio que existan en las asignaturas, es importante tener en cuenta que el programa toma la división de manera idéntica para todas las asignaturas de un curso, y por tanto, ésta habrá de hacerse de la manera más beneficiosa para todas ellas. Generalmente, el número de grupos laboratorios estándar es tres, y por tanto, la configuración de las divisiones será la que aparece en la Tabla 7, que se encuentra a continuación.



1 Teoría	1 Aula / 1 Seminario	1 Laboratorio
	2 Aula / 2 Seminario	2 Laboratorio
		3 Laboratorio

Tabla 7. División de los alumnos en grupos mínimos para 3 laboratorios. Elaboración propia.

Como observamos en la tabla anterior Tabla 7, habrá alumnos pertenecientes al subgrupo de laboratorio 2L que pertenezcan al grupo 1A, pero también, habrá alumnos del subgrupo 2L que pertenezcan al grupo 2A. Para evitar incompatibilidades en los horarios de dichos alumnos, habrá que hacer una distinción entre los que pertenezcan a cada grupo de Seminario o Aula, como se observa, a continuación, en la Tabla 8.

1T	1A	1L
		2L1
	2A	2L2
		3L

Tabla 8. Distribución de los grupos y subgrupos en el software. Elaboración propia.

No siempre la letra que acompaña a la división de los alumnos va a coincidir con el tipo de actividad que estos realicen, no obstante se han tomado esas letras por ser con las más representativas (en el caso de la A) y con las que trabaja la Escuela en los demás casos.

Las asignaturas que tengan más de 3 grupos de laboratorio serán tratadas de manera especial, realizando la asignación de esos laboratorios de manera extraordinaria, para no complicar la planificación, y porque generalmente, esos laboratorios se realizan fuera de horario. Este será uno de

los problemas que han surgido durante la planificación, y que está recogido en el apartado posterior 3.3.

En la imagen que se muestra a continuación Ilustración 12 se pueden observar todos los campos que podemos introducir a la hora de importar los datos de los cursos, estos son: cursos, grupos y subgrupos que hay, así como el número de alumnos que habrá en los mismos.

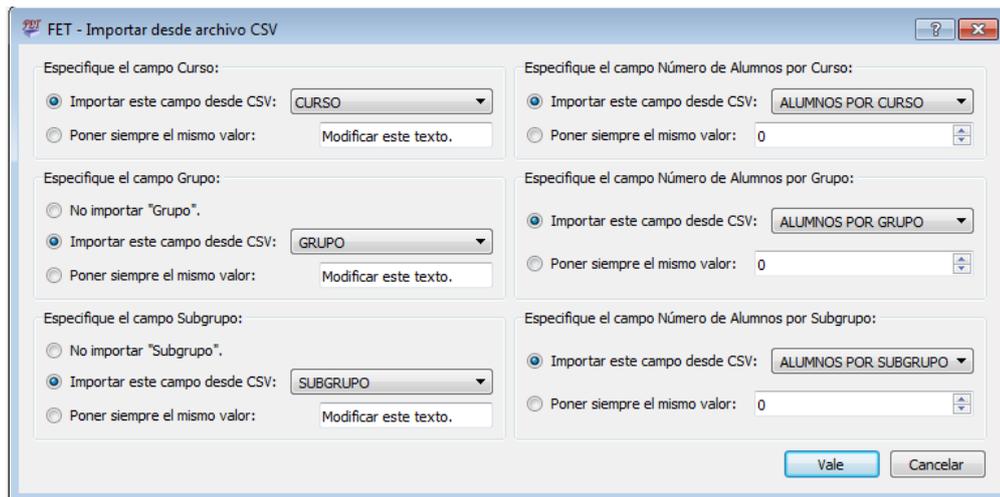


Ilustración 12. Captura de pantalla de la opción Importar archivo de curso, grupo y subgrupo.

Para poder importar estos datos, es necesaria una tabla que contenga todos esos campos. Por tanto, tenemos que conocer los datos de alumnos por curso. La tabla utilizada para ello, podría ser, por ejemplo, la Tabla 9.

CURSO	ALUMNOS POR CURSO	GRUPO	ALUMNOS POR GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS POR SUBGRUPO
1	100	1A	50	1L	33
				2L1	17
		2A	50	2L2	17
				3L	33

Tabla 9. División genérica de alumnos en subgrupos. Elaboración propia.

En este apartado no se muestran todas las tablas generadas para la planificación de los horarios en el aspecto de los grupos de alumnos debido a

que dificultaría la comprensión del trabajo. No obstante, todas ellas han sido incluidas en el *Anexo I: Tablas generadas*

3.2.3. Aulas

Uno de los puntos clave de la planificación de horarios por medio del software es la asignación de las aulas a la vez que se asignan las actividades. Por ello es crucial introducir la información de las mismas. En la Ilustración 13 se observa que los campos a introducir para las aulas son: el edificio al que pertenecen, la capacidad de la que disponen y el nombre que tiene dicho aula.

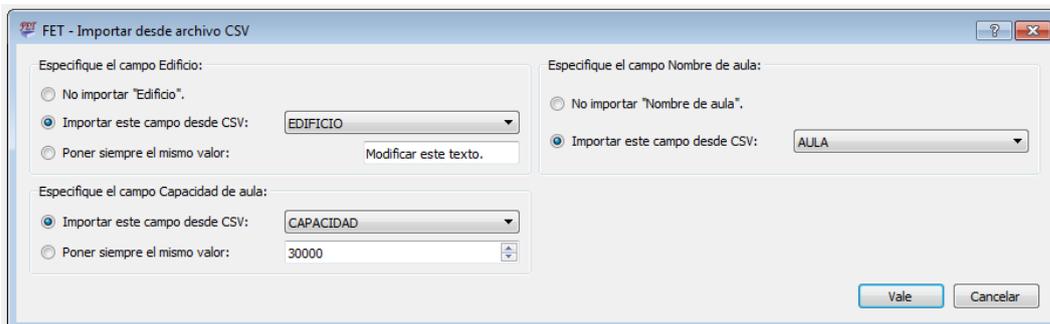


Ilustración 13. Captura de pantalla de la opción Importar archivo de aulas.

La Tabla 10 es una muestra de cómo recopilamos los datos para las aulas. No obstante, a la hora de transcribirlos al archivo .txt tan solo copiaremos los datos no sombreados.

EDIFICIO		AULA	CAPACIDAD
PASEO DEL CAUCE	PC	B1	126
		B2	126
		B3	126
		B4	100

Tabla 10. Tabla de muestra de las aulas de la Escuela de Ingenierías Industriales. Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la EII.

3.3. Problemas que han surgido en la recopilación de los datos

En este apartado están recogidos todos los problemas que he ido encontrando a la hora de hacer tanto la caracterización de los datos, como la propia introducción de los mismos y la generación de los horarios con el



programa. Cuando sea posible, se explicará también como se ha solventado el error o la dificultad encontrada.

- A priori, debido a las prestaciones del software parece de gran importancia la introducción de los datos del profesorado. Para ello, en el caso de la Escuela, es necesaria la distribución de las asignaturas a las áreas de conocimiento o departamento correspondientes, ya que serán éstas las que se encarguen del horario del profesorado, además existen materias impartidas por más de un área de conocimiento e inclusive por más de un departamento.

No obstante, puede realizarse todo el estudio, sin ningún inconveniente, enfocando la planificación exclusivamente a los alumnos.

- El programa no permite hacer diferencias de subdivisión de los alumnos según las asignaturas, por lo que la distribución en subgrupos debe satisfacer en mayor medida a todas ellas, es por eso que en el apartado 3.2.2. Curso, grupo y subgrupo se estableció como predeterminada la división de los cursos en dos niveles, un primer nivel – grupos – que consta de dos divisiones y un segundo nivel – los subgrupos – que tiene un total de tres divisiones; ya que este es el esquema que siguen la mayoría de las asignaturas.

Es cierto que podrían hacerse un mayor número de divisiones y posteriormente agruparlas, esto tendería a complicar el proceso de una manera innecesaria, ya que son menos las asignaturas con un número de divisiones mayor a tres.

Además, la necesidad de generar mayor número de subgrupos y con ello, la generación de divisiones con un menor número de alumnos está relacionada con la necesidad de utilización de laboratorios específicos, que tienen una menor capacidad.

Por ello, estas asignaturas quedan fuera de la planificación, y tendrán que establecerse posterior a la generación del horario cuando se producen estas actividades, de manera manual. Estas asignaturas van a ser recogidas en las siguientes tablas: Tabla 11, Tabla 13 y Tabla 12.



Grado en Ingeniería en Organización Industrial			
Curso	Materia	Número de grupos de laboratorio	Horas de laboratorio
Primero	Química en la ingeniería	6	12
Segundo	Ingeniería fluidomecánica	5	3

Tabla 11. Asignaturas con laboratorios fuera de horario en IOI. Elaboración propia a partir de los datos del POD.

Grado en Ingeniería Química			
Curso	Materia	Número de grupos de laboratorio	Horas de laboratorio
Primero	Química en la ingeniería	6	12
Segundo	Ingeniería fluidomecánica	5	3
Tercero	Química inorgánica	4	9
	Química orgánica	5	13

Tabla 12. Asignaturas con laboratorios fuera de horario en IQ. Elaboración propia a partir de los datos del POD.

Grado en Ingeniería Mecánica			
Curso	Materia	Número de grupos de laboratorio	Horas de laboratorio
Primero	Química en la ingeniería	6	12
Segundo	Ingeniería fluidomecánica	5	3
Tercero	Máquinas y mecanismos	12	2
	Procesos de fabricación I	6	10
Cuarto	Máquinas hidráulicas y térmicas	5	7
	Mecánica de robots	9	10
	Metrología avanzada y calidad Industrial	4	15

Tabla 13. Asignaturas con laboratorios fuera de horario en IM. Elaboración propia a partir de los datos del POD.

- Existen en los horarios muchas actividades cuya frecuencia no es semanal. Estas actividades van a dificultar la planificación de los horarios que el programa realiza de manera semanal. Las opciones que pueden solucionar el problema son:
 - o Aquellas actividades que lleguen a frecuencia casi semanal (12, 13 o 14 horas totales), planificarlas como si fueran semanales, y posteriormente modificar el horario, una vez generado, dejando un hueco en él. Para eso sería interesante introducir una restricción de que esas horas tengan lugar o



en el primer o último periodo, para intentar evitar los huecos en los horarios de los alumnos.

- Aquellas actividades cuya frecuencia sea menor a la semanal, podemos juntarlas con otras de frecuencia menor a la semanal pero que juntas sumen o frecuencia semanal o casi, en ese caso, podríamos crear una nueva materia que fuera la mezcla de las dos, solo para ese tipo de actividad, y una vez generado el horario modificarlo manualmente para que se ajuste a nuestras necesidades. En este caso, a la hora de juntar actividades, es importante que tengan el mismo número de divisiones para que no ocurran incompatibilidades.

También es importante que sean del mismo tipo de actividad, o al menos que utilicen el mismo tipo de aula las actividades que van a asociarse, es decir, no mezclar aquellas actividades que utilicen laboratorios específicos con otras que se impartan en el aula de referencia del grupo, ya que eso nos limitará la posibilidad de obtener la ocupación real de las aulas.

- Aquellas actividades que tengan frecuencia menor a la semanal, pero que juntando los grupos tengan una frecuencia total semanal, la solución puede estar en agrupar todos los grupos, para luego, una vez hecha la planificación repartir las actividades por grupos de manera manual.
- Existen horas de prácticas de campo que, como tienen carácter puntual, no se han introducido en la planificación de los horarios como actividades en sí, quedan al margen. En las siguientes tablas (Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16) quedan recogidas las asignaturas que tienen este tipo de prácticas para cada uno de los grados.

Grado en Ingeniería en Organización Industrial		
Curso	Materia	Horas de campo
Primero	Tecnología Ambiental y de Procesos	2
Cuarto	Gestión del Ruido Ambiental y de la Industria	4

Tabla 14. Tabla de materias con horas de prácticas de campo asignadas y no planificadas del grado en IOI. Elaboración propia a partir de datos del POD.

Grado en Ingeniería Mecánica		
Curso	Materia	Horas de campo
Primero	Tecnología Ambiental y de Procesos	2
Cuarto	Automóviles	8

Tabla 15. Tabla de materias con horas de prácticas de campo asignadas y no planificadas del grado en IM. Elaboración propia a partir de datos del POD.

Grado en Ingeniería Química		
Curso	Materia	Horas de campo
Primero	Tecnología Ambiental y de Procesos	2
Tercero	Cálculo y diseño de operaciones de separación	2
	Cálculo y diseño de reactores químicos	2
	Operaciones unitarias industriales	2

Tabla 16. Tabla de materias con horas de prácticas de campo asignadas y no planificadas del grado en IQ. Elaboración propia a partir de datos del POD.



- Existen asignaturas cuyos laboratorios no tienen lugar en la sede de la titulación a la que pertenecen. En esos casos, estos laboratorios son sensibles para la planificación, ya que suponen un desplazamiento elevado entre las mismas. Habría que estudiar los casos con detenimiento sobre si estas actividades quedarían fuera de la planificación o dentro.



Capítulo 4: Pruebas del software

4.1. Primera prueba de generación de horarios

Para la realización de la primera prueba del software, se comenzó con la titulación más conocida, aquella a la que pertenezco, el grado en Ingeniería en Organización Industrial.

Se empezó la planificación por el primer cuatrimestre, y con el horario de mañana, de la sede Paseo del Cauce, que es dónde se imparte esta titulación. Esto incluye solamente a los horarios del curso de primero y de tercero de la titulación, ya que segundo y cuarto se imparten por la tarde.

A lo largo de este apartado, se desarrollan de manera exhaustiva todos aquellos pasos que se llevaron a cabo para la obtención del primero horario, así como los problemas que surgieron con el mismo.

4.1.1. Introducción de los datos en el software

Lo primero que hay que hacer es, si se cree oportuno y conveniente, nombrar el centro al que pertenecen los horarios que se van a generar, esto no afecta a la planificación pero aparecerá escrito en los horarios que se impriman.

Después hay establecer los periodos lectivos que tiene cada día, así como la duración de días en las que vamos a planificar nuestro horario de manera básica. En este caso, son cinco días a la semana (de lunes a viernes) y cada día cuenta con 5 periodos lectivos (de 9:00 a 13:00). Esto podría ser ampliable si en algún momento se imposibilita la planificación de las actividades, pero en un primer momento será nuestro turno predeterminado.

Los archivos de materias, aulas, cursos y grupos se importan desde los documentos creados para esta prueba, que se encuentran - de manera informática - en las siguientes ubicaciones,

-Materias: Información Adicional / Tablas / Materias / Primera prueba / IOI_1C_MAÑANA.txt

-Tipo de actividad: Información Adicional / Tablas / Tipo Actividad / Tipo de actividades.txt

-Aulas: Información Adicional / Tablas / Aulas / Primera prueba / Aulas_reducido.txt

-Cursos y grupos: Información Adicional / Tablas / Curso, grupo /
Primera prueba / IOI_1C_MAÑANA.txt

Las actividades se establecieron de manera manual en cada curso, basándose en las tablas generadas para ello en el Capítulo 3: Recopilación de los datos, estas tablas se encuentran en formato informático en Información Adicional / Tablas / Actividad / IOI_Actividades.

Para establecerlas de manera manual hay que ir al siguiente apartado, dentro de la pestaña de Datos -> Actividades, como se observa en la Ilustración 14

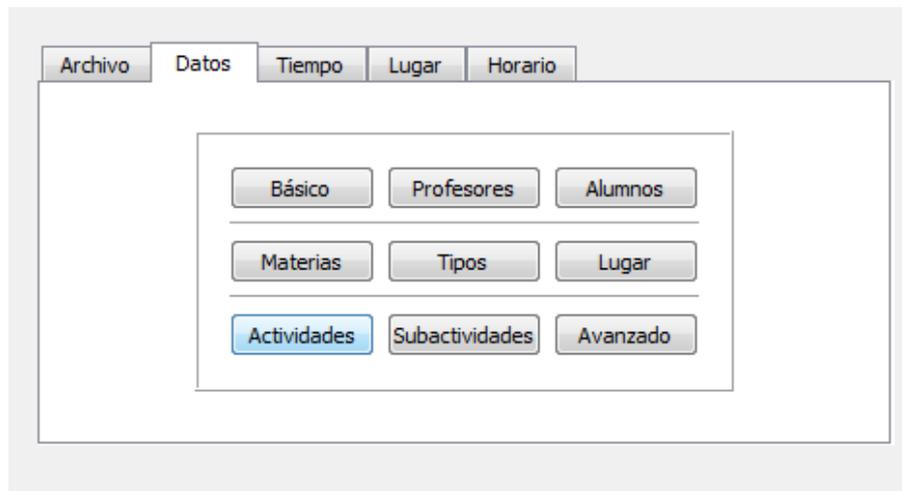


Ilustración 14. Captura de pantalla del menú de Datos del software.

Una vez dentro de esa pantalla aparece un menú se puede observar en la Ilustración 15, que muestra todas las actividades una vez que éstas han sido introducidas, además de poseer unos filtros que permiten buscarlas con mayor facilidad.

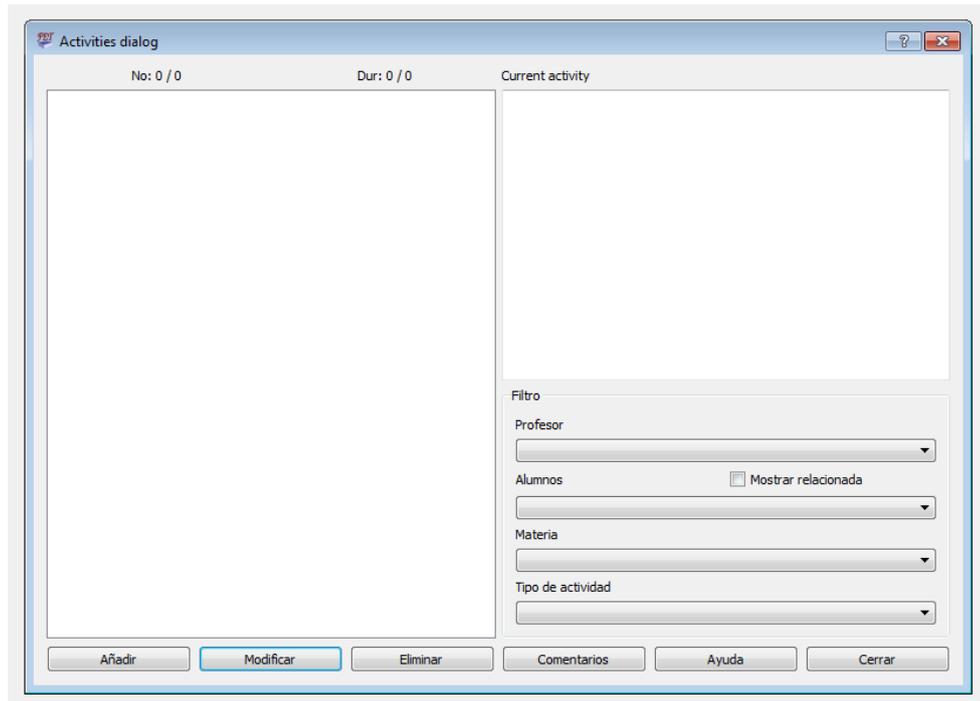


Ilustración 15. Captura de pantalla de la lista de actividades planificadas.

Y dentro de la opción Añadir nos aparecerá un cuadro de control como el que aparece en la Ilustración 16, a través del cual iremos asignando a cada asignatura, las actividades que en ella se realicen, junto con los grupos de alumnos que acudan a las mismas y la duración establecida para ellas.

La duración puede introducirse de varias maneras, de manera continua, para ello habrá que aumentar simplemente el apartado de duración o fraccionando las actividades en subactividades esto se realiza mediante el comando split, y asignando a cada subactividad su duración correspondiente. Además, se podrá obligar a que esas subactividades se realicen en días consecutivos, o forzar a que haya un número mínimo de días entre ellas.

En principio, para la planificación que se está llevando a cabo actualmente, las actividades cuya duración semanal sea de 3 se están dividiendo en dos subactividades (una de 1 periodo de duración y otra de 2), mientras que las de frecuencia semanal 2 se planifican a veces en una sola actividad y otras veces de manera individual.

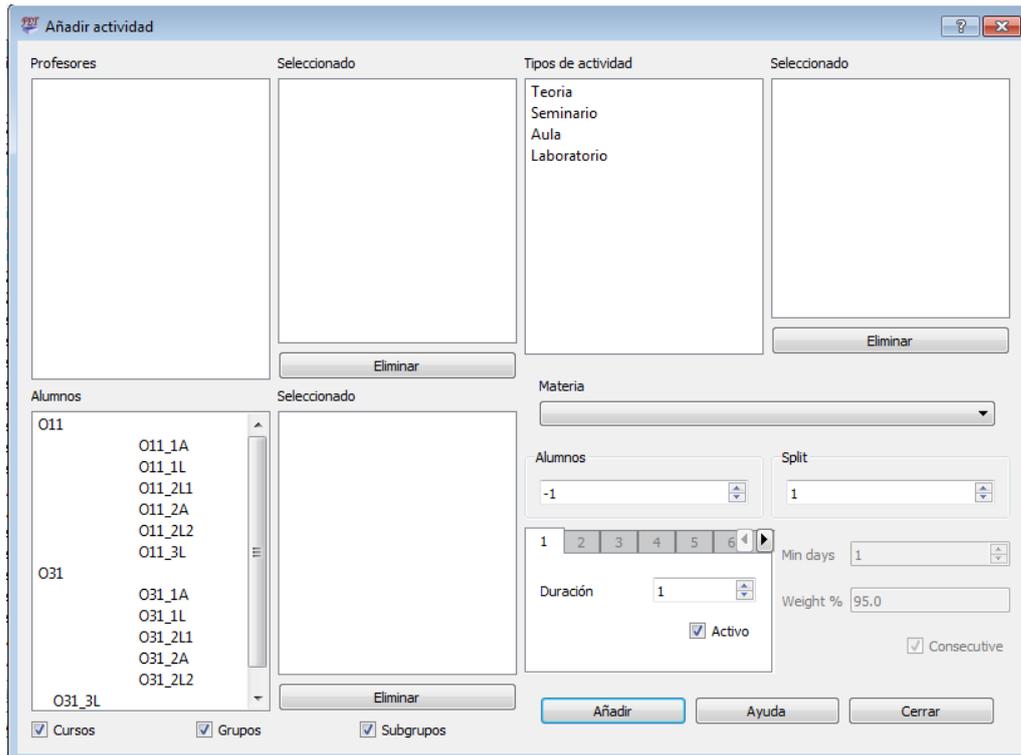


Ilustración 16. Captura de pantalla de la ventana para la planificación de actividades en FET.

Desde aquí podemos ir planificando las actividades de acuerdo al archivo con los datos que generamos anteriormente. Hay que ir haciéndolo de manera manual, pero es más rápido que importar directamente todas las actividades, ya que conlleva un proceso mucho más elaborado de planificación de datos.

Después de haber metido todas las asignaturas matinales del Grado en Ingeniería en Organización Industrial, la vista de las actividades que tienen que planificarse es la que se puede ver en la Ilustración 17.

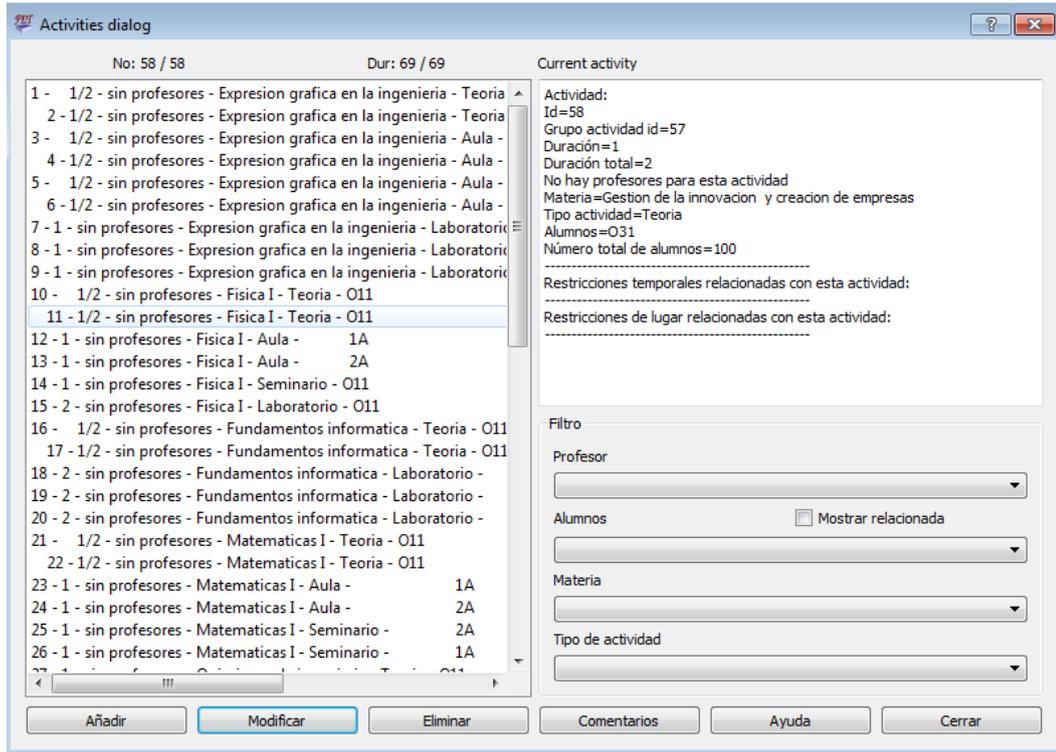


Ilustración 17. Captura de pantalla de las actividades a planificar por FET en la primera prueba del documento.

Una vez establecidas las actividades, es recomendable comprobar que los datos están introducidos de la manera correcta y que no existe ningún problema a la hora de generar el horario. Es importante introducir las restricciones al final, una vez hemos comprobado que los horarios se pueden generar sin ellas, para poder solventar de manera más rápida y precisa cualquier problema que pueda surgir.

En este punto habría que hacer una observación. Ya que todavía no se ha considerado qué laboratorios están asignados a cada actividad, es decir, qué laboratorios se imparten en las clases de simulación e informática, y cuáles en los específicos de cada departamento, no hay aún asignación de los laboratorios a sus aulas de referencia. Esto simplifica bastante la generación del horario, ya que no existe ningún tipo de restricción de lugar, tan sólo la preferencia del grupo de tercero en tener tanto las clases de teoría como las de aula y seminarios en su aula actual de referencia, la 2.1.

4.1.2. Obtención del horario

Para generar el horario habrá que seguir los pasos explicados en el apartado 2.5. *Cómo generar horarios*, una vez tengamos generado el horario, y antes de pasar a imprimirlo, se tiene la opción de verlos. Esto es muy útil, ya

que permite que veamos si se amolda a los requisitos o existe la necesidad de establecer nuevas restricciones.

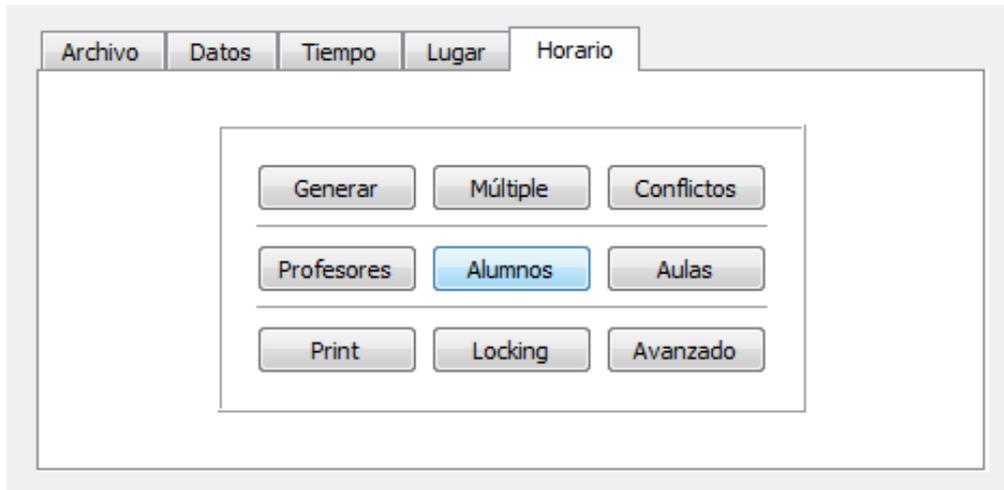


Ilustración 18. Vista detallada el menú de Horarios, con la opción Alumnos seleccionada.

Desde la vista de “alumnos” (señalada en la Ilustración 18) podemos ver cómo ha salido la planificación para los diferentes grupos mínimos que hemos planificado. La vista que se ofrece es la que podemos ver en la siguiente imagen, Ilustración 19, que se ha tomado como ejemplo para todos los grupos.

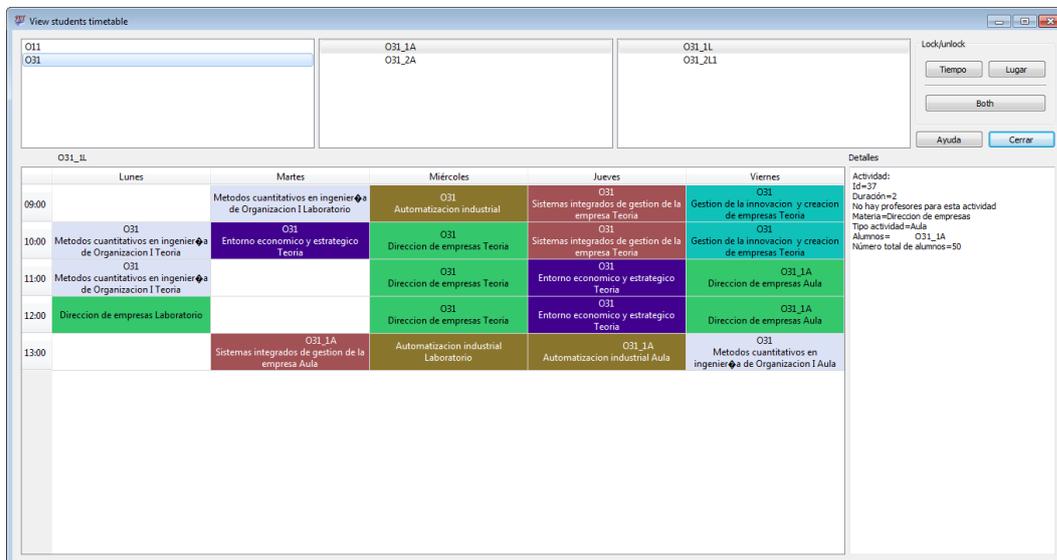


Ilustración 19. Captura de pantalla de la vista preliminar del horario generado para el grupo O31_1L.

Una vez introducidas las actividades, he pasado a introducir alguna restricción para ver cómo cambia la planificación y si surge algún problema. La primera restricción a mayores que he introducido ha sido que el tercer curso de

IOI tiene como aula de referencia la 2.1., esto genera un horario algo diferente al que ya teníamos.

También existe la opción de poder ver cómo se distribuyen las actividades en las diferentes aulas (Ilustración 20), y así comprobar, antes de imprimir el horario, que éste cumple con las necesidades establecidas.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
09:00	Gestion de la innovacion y creacion de empresas Teoria O31	Sistemas integrados de gestion de la empresa Aula O31_1A		Entorno economico y estrategico Teoria O31	Entorno economico y estrategico Teoria O31
10:00	Gestion de la innovacion y creacion de empresas Teoria O31	Metodos cuantitativos en ingenieria de Organizacion I Teoria O31	Direccion de empresas Teoria O31	Direccion de empresas Teoria O31	Entorno economico y estrategico Teoria O31
11:00	Sistemas integrados de gestion de la empresa Aula O31_2A	Metodos cuantitativos en ingenieria de Organizacion I Teoria O31	Direccion de empresas Teoria O31	Sistemas integrados de gestion de la empresa Teoria O31	Automatizacion industrial Aula O31_1A
12:00		Direccion de empresas Aula O31_2A	Direccion de empresas Aula O31_1A	Sistemas integrados de gestion de la empresa Teoria O31	Metodos cuantitativos en ingenieria de Organizacion I Aula O31
13:00	Automatizacion industrial O31	Direccion de empresas Aula O31_2A	Direccion de empresas Aula O31_1A		Automatizacion industrial Aula O31_2A

Ilustración 20. Captura de pantalla de la vista preliminar del horario generado para el aula 2.1.

Se pueden imprimir los horarios en función de los cursos, grupos o subgrupos de una manera bastante sencilla, también para aulas – y profesores, aunque en este caso no estén dentro de la planificación - que luego servirá a la escuela para introducirlos en su página web.

4.1.3. Aspectos aprendidos

La importancia de la realización de una prueba del programa antes de comenzar a planificar de manera conjunta todas las titulaciones reside en la aparición y resolución en los casos en los que ha sido posible, de problemas o limitaciones.

Es importante tener muy presente todo aquello que ha supuesto una dificultad en este primer desarrollo para posteriormente poder mejorarlo y aprender de ello. Por eso, este apartado tiene una importancia especial ya que fomenta la mejora de lo necesario para la planificación de los horarios.



A continuación se van a exponer algunos de los aspectos más relevantes que he podido conocer según iba trabajando con el programa. Algunos de ellos tienen un carácter relevante para la planificación, mientras que otros, en cambio, tienen un carácter meramente estético.

- El programa, a la hora de tratamiento de la información, no es capaz de reconocer las tildes. Por ello, todos los documentos de los que se va a extraer la información para importarla al programa se han modificado eliminando todas las tildes existentes. Este problema se ve claramente reflejado en el horario generado para el curso de tercero de IOI (Este horario se encuentra, de manera informática, en la siguiente ubicación: Información Adicional / Horarios / Primera prueba / Prueba_1C_IOI_mañana_031.pdf).
- A la hora de imprimir los horarios, conviene que los nombres de las asignaturas no sean demasiado largos, ya que genera problemas y dificultades de comprensión del horario, además que lo agranda innecesariamente. Por ello, a partir de esta prueba modifiqué todos los archivos de actividades, añadiendo una columna con la abreviatura utilizada para las posteriores planificaciones. Estas abreviaturas fueron sacadas, en su mayoría de los horarios para el curso 2016/2017 publicados en la página web de la Escuela.
- Hay que resaltar, que en los horarios que se han generado mediante este software no aparece junto a cada actividad, el tipo de ésta. Actualmente, en los horarios realizados por la Escuela, sí que se puede ver qué tipo de cada actividad tiene lugar en cada periodo. Habrá que valorar la importancia de este aspecto, así como un posible método de resolución, que podría ser la modificación de los archivos HTML generados al final de la simulación.

4.2. Segunda prueba de generación de horarios

En esta ocasión vamos a introducir todos los grupos de mañana que se imparten dentro de la sede de Paseo del Cauce, realizando sólo la planificación del primer cuatrimestre, ya que el segundo se haría de manera análoga. En total son diez grupos que se reparten de la siguiente manera:

Primer curso: dos grupos de Ingeniería Mecánica, un grupo de Ingeniería Química y un grupo de Ingeniería en Organización Industrial.

Segundo curso: un grupo de Ingeniería Mecánica y un grupo de Ingeniería Química.



Tercer curso: un grupo de Ingeniería Mecánica y otro grupo de Ingeniería en Organización Industrial.

Cuarto curso: un grupo de Ingeniería Mecánica y un grupo de Ingeniería Química.

Hay que tener en cuenta que existen algunos casos especiales en los que el horario principal es de tarde, pero algunas de las actividades están planificadas por la mañana, como podría ser en el caso del grupo de cuarto curso de Organización Industrial. En esta segunda prueba esas actividades que se planifican fuera de su horario principal no van a quedar reflejadas.

El periodo lectivo en este caso se ha establecido de lunes a viernes, con cinco periodos de clase de 9 a 14, el horario preferente para la planificación de las actividades.

4.2.1. Introducción de los datos en el software

Los datos que se han importado directamente al programa, de manera análoga a como se realizó en la prueba interior, son los correspondientes a los siguientes archivos:

-Materias: Información Adicional / Tablas / Materias / Segunda prueba / IQ-IM-IOI_1C_MAÑANA.txt

-Tipo de actividad: Información Adicional / Tablas / Tipo Actividad / Tipo de actividades.txt

-Aulas: Información Adicional / Tablas / Aulas / Segunda prueba / Aulas_PC.txt

-Cursos y grupos: Información Adicional / Tablas / Curso, grupo / Primera prueba / IM-IQ-IOI_1C_MAÑANA.txt

Las actividades se van a introducir de manera manual, igual que la otra vez, para lo que se han creado unas tablas de ayuda para facilitar y simplificar este proceso, que debido al elevado número de grupos que estamos planificando es un proceso más laborioso que la vez anterior.

Estas tablas se encuentran, en forma de archivo Excel en las siguientes ubicación: Información Adicional / Tablas / Actividades, donde existe un archivo correspondiente a cada una de las titulaciones que se imparte (IOI_Actividades; IM_Actividades; IQ_Actividades).



4.2.2. Obtención del horario

Para la obtención del horario de la Escuela se han seguido los mismos pasos que en la primera prueba que se realizó.

A continuación se van a reflejar aquellas actividades de frecuencia menor a la semanal que se han planificado de manera conjunta –incluyendo varias materias- en cada uno de los grupos. Como las materias impartidas en el primer y segundo curso de todas las titulaciones de grado de la Escuela en la Sede Paseo del Cauce son las mismas, así como la división de los alumnos en ella, el acoplamiento de estas actividades es el mismo, y por ello van a estar reflejadas de manera conjunta.

PRIMER CURSO			
TIPO DE ACTIVIDAD	MATERIAS	AULA	PLANIFICADO COMO
Laboratorio	Expresión gráfica Matemáticas I	Aula de informática	Expresión gráfica
Seminario	Matemáticas I Química	Aula estándar	Matemáticas I
SEGUNDO CURSO			
Aula	Resistencia de Materiales Ingeniería de Organización	Aula estándar	Resistencia de materiales
Seminario	Ingeniería de Organización		
Laboratorio	Ingeniería de Organización Resistencia de Materiales	Aula de informática	Ingeniería Organización

Tabla 17. Tabla de combinación de actividades para primer y segundo curso. Elaboración propia.

INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL			
TERCERO			
TIPO DE ACTIVIDAD	MATERIAS	AULA	PLANIFICADO COMO
Aula	Dirección E.E.E. GICE	Aula estándar	Dirección
Laboratorio	Dirección E.E.E. GICE	Aula de informática	Dirección

Tabla 18. Tabla de actividades combinadas de Ingeniería en Organización Industrial. Elaboración propia.

INGENIERÍA MECÁNICA			
TERCERO			
TIPO DE ACTIVIDAD	MATERIAS	AULA	PLANIFICADO COMO
Seminario	M. Fluidos Máquinas y M	Aula estándar	Máquinas y M
Aula	Máquinas y M		

Tabla 19. Tabla de actividades combinadas de Ingeniería Mecánica. Elaboración propia.

INGENIERÍA QUÍMICA			
CUARTO			
TIPO DE ACTIVIDAD	MATERIAS	AULA	PLANIFICADO COMO
Teoría	Model. Optim. P. Q. Proyectos I.Q.	Aula estándar	Model. Optim. P. Q.
Seminario	Model. Optim. P. Q. Proc. Quim. Ind.	Aula estándar	Proc. Quim. Ind.

Tabla 20. Tabla de actividades combinadas de Ingeniería Química. Elaboración propia.



Las asignaturas de estas tablas (Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20) están escritas de manera abreviada, en las tablas de actividades mencionadas anteriormente, se puede ver la correspondencia con el nombre completo de la materia.

Las actividades de tres horas semanales se han planificado preferentemente como una actividad dividida en dos, una de duración 2 y otra de duración 1, incluyendo como restricción que no tengan lugar en el mismo día. Por defecto está marcado el botón de que esos días sean consecutivos, podremos cambiarlo si vemos que no se planifican de manera adecuada.

Algunas excepciones a esta planificación son los laboratorios cuya duración sea igual a las tres horas semanales, estos se han mantenido como una sola actividad. En las actividades que nos ocupan serían:

- Laboratorios de Experimentación en Ingeniería Química en cuarto de Ingeniería Química.
- Laboratorios de Diseño asistido por ordenador en tercero de Ingeniería Mecánica.

Las actividades de dos horas semanales de duración han sido planificadas como una sola actividad, de duración dos, por lo que tendrá lugar en el mismo día de manera consecutiva, habría que marcar alguna diferencia si el horario no puede planificarse así o si se necesita que no sean días consecutivos.

Las actividades cuya duración era igual a las dos horas semanales, se han planificado como una sola actividad que comprende dos periodos. La excepción a esta planificación recae en aquellas actividades en las que se han asignado varios grupos a la misma actividad para posteriormente asignar una hora de ellas a cada grupo.

Una vez añadidas todas las actividades, se intenta generar un primer horario para comprobar que es factible, y así poder ir acotando los posibles problemas si los hubiera. En este caso, la planificación no es posible, puesto que hay grupos que tienen planificados un mayor número de horas de los que son posibles por los periodos lectivos diarios que establecimos en un primer momento. Habrá que tenerlo en cuenta para futuras planificaciones, en esta ocasión para resolver el problema lo que se hace es añadir un periodo más al día, quedando entonces un horario de 9 a 14, con seis periodos lectivos.

Una vez modificados los periodos, se comprueba que se pueden planificar las actividades, para poder añadir ciertas restricciones, que

completarán el proceso. A continuación se van a ir detallando estas restricciones y los resultados que ha tenido su adición.

La primera restricción que se introdujo en el programa fue respectiva a las aulas, asignando al grupo 031, correspondiente a tercero de Ingeniería en Organización Industrial, un aula de referencia para todas las actividades que realice de manera conjunta. El aula asignada es la 2.1. – actualmente es en la que se imparten las clases. Además, como las actividades de aula y seminario también van a realizarse en esa aula, habrá que introducir sendas restricciones para las divisiones A del grupo. A continuación, en la Ilustración 21, se puede observar cómo quedarían fijadas las restricciones anteriores.

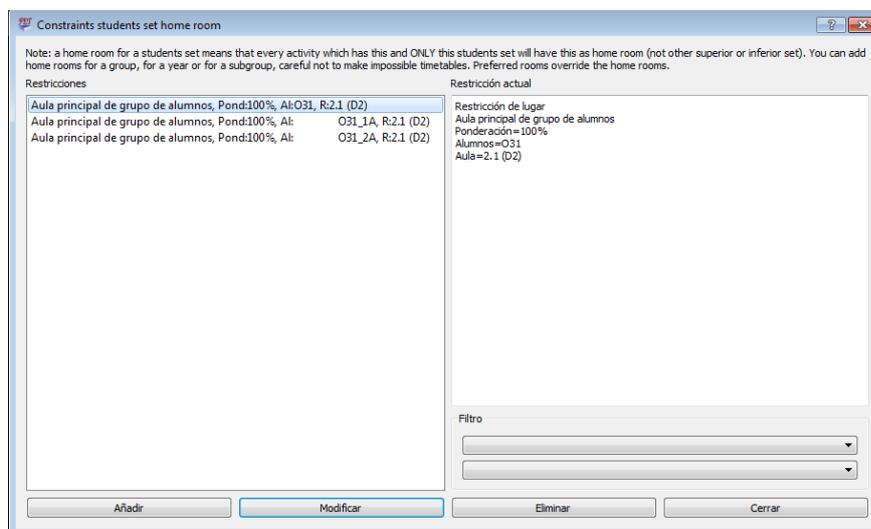


Ilustración 21. Captura de pantalla de las restricciones de lugar para los grupos de alumnos.

Para poder llevar a cabo la generación de horarios con esta restricción, se ha tenido que cambiar la capacidad al aula desde el menú del propio programa, debido a que esta aula tiene una capacidad menor de los cien alumnos con los que se han planificado, de manera general, todos los grupos.

A la hora de seguir creando restricciones de lugar para las actividades restantes, hay que tener en cuenta que hay que hacer una preasignación de las aulas a los grupos, como se realiza hasta ahora en el proceso de planificación actual que tiene la Escuela.

Para probar cómo responde el programa ante la asignación del recurso más solicitado y limitado de la Escuela, vamos a introducir todas las aulas de ordenadores – de manera manual- y las vamos a asignar a los laboratorios del primer y segundo curso de los grados implicados. Así podremos comprobar si los horarios siguen pudiéndose planificar. Como excepción no se van a

planificar los laboratorios de SPF porque tienen parte conjunta con otras ubicaciones.

Las aulas que hemos añadido aparecen en la siguiente tabla (Tabla 21), así como la capacidad que se les ha supuesto.

Nombre	Abreviatura	Capacidad
Simulación 1	Sim1	100
Simulación 2	Sim2	100
Simulación 3	Sim3	100
Simulación 4	Sim4	100

Tabla 21. Aulas de informática en la sede Paseo del Cauce. Elaboración propia.

El tamaño supuesto para las aulas de informática es muy superior al que realmente tienen, es debido a que algunos de los laboratorios se han introducido como una sola actividad para el total de los alumnos para posteriormente dividirlos por semanas. Para que no haya problemas con la capacidad de las aulas y el número de alumnos en la planificación se ha decidido realizar así la introducción de las aulas.

Estas restricciones van a introducirse de manera diferente a la anterior, debido a que no va a asignarse directamente a un aula, sino a un grupo de ellas, y no se busca asignar un grupo de alumnos, sino un tipo concreto de actividades. Para introducir estas nuevas restricciones habrá que, dentro del menú Lugar, pulsando sobre el botón “Materias y tipos”, elegir la opción que vemos señalada en la Ilustración 22: “Materia + un tipo de actividad tiene unas aulas preferidas”.

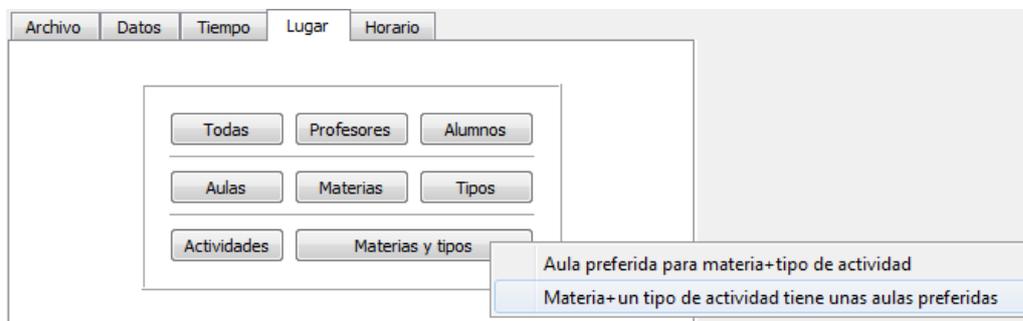


Ilustración 22. Captura de pantalla para la introducción de restricciones.



Una vez comprobado que el programa puede generar los horarios habiendo introducido esta restricción, vamos a pasar a introducir las siguientes restricciones. En este caso, se continúa añadiendo las aulas estándar como aulas de referencia para las actividades de teoría de todas las asignaturas de primero y segundo, así como para tercero y cuarto de Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica.

El procedimiento seguido para estas restricciones es análogo al de las anteriores: seleccionando las materias y los tipos de actividades de manera conjunta al grupo de aulas en las que pueden tener lugar.

Una vez que hemos comprobado que la planificación de estas actividades se puede llevar a cabo, vamos a insertar como última restricción que los seminarios y las clases de aula tengan lugar también en estas aulas de referencia. A excepción de las clases de aula de Expresión Gráfica de primero, que tendrá un aula específica.

Una vez que se introdujeron todas las restricciones, se probó a generar los horarios, no incurriendo en ningún problema, y por lo tanto, generando una solución factible. La solución a la planificación de los horarios de los grupos, así como la ocupación resultante de las aulas, se encuentran en la siguiente ubicación: Información Adicional / Horarios / Segunda Prueba.

4.2.3. Aspectos aprendidos

Durante este proceso de planificación han surgido algunos problemas, que he recogido en este apartado junto con las soluciones o enseñanzas extraídas de los mismos.

- En esta segunda prueba de horarios ha tenido lugar una dificultad imprevista, y que en la prueba anterior no había aparecido. El programa se ha colgado en repetidas ocasiones cuando he intentado abrir el archivo donde estaban cargados ya los datos y en el que faltaba la planificación de las actividades. El mensaje que aparecía señalaba que se repetía el edificio, y por tanto esa podía ser la causa del problema, como se observa en la Ilustración 23.

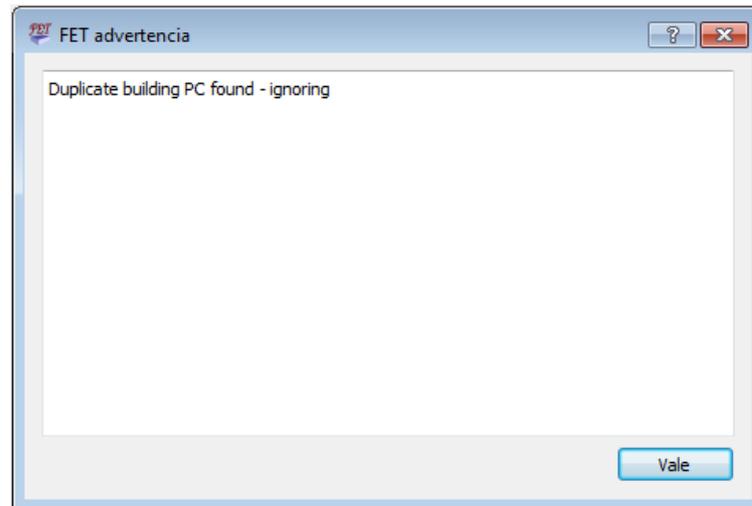


Ilustración 23. Captura de pantalla de un problema surgido durante la segunda prueba.

Por ello, si no va a necesitarse expresamente la opción de limitación o control de los intercambios entre edificios, es mejor no introducirlos, para no generar problemas de manera innecesaria.

- La conjunción de actividades correspondientes a diferentes materias genera un problema a la hora de asignar esas horas en la introducción de las mismas, ya que se tienen que asignar todas a una de las actividades y posteriormente hacer la división de las horas manualmente una vez se haya generado el horario. Esto conlleva tener un listado de esas asignaturas y realizar un trabajo de búsqueda de las mismas. Para simplificar esa tarea pueden crearse pseudo-asignaturas que engloben las materias cuyas actividades se asocian.
- El programa, cada vez que generas un horario, lo hace de nuevo, partiendo desde cero, y por tanto, aunque no se haya modificado ningún dato, el horario obtenido no será el mismo. Por ello, es necesario recordar la opción Locking que permite bloquear desde un grupo de actividades hasta el horario completo.
- A la hora de asignar las aulas, el programa lo realiza de manera aleatoria, lo que supone que un grupo de alumnos realicen varios cambios de aula en un día, como se puede observar en los horarios generados que se encuentran en la carpeta Información Adicional / Horarios / Segunda Prueba. Actualmente la Escuela intenta que esos



desplazamientos entre aulas sean mínimos, por ello es uno de los puntos a trabajar de cara a la generación final de los horarios.

Una de las posibilidades a considerar es la de realizar una preasignación de aulas a los diferentes cursos, esto conlleva un trabajo manual – mínimo - previo a la planificación. De esta manera las actividades se planificarán en esa aula, y se limitarán los desplazamientos.



Capítulo 5: Generación de los horarios de la Escuela

A lo largo de este capítulo va a desarrollarse el proceso que se ha llevado a cabo para la generación de una simulación de los horarios para la Escuela. Para ello, se han tenido en cuenta todas las restricciones y necesidades reales planteadas desde la Escuela.

Además, de cara a esta generación de horarios, se han introducido algunas modificaciones en las tablas de actividades, señalando las aulas de referencia para ellas, así como los laboratorios que se utilizan. Esta asignación de las aulas ha resaltado algunas incompatibilidades en las asociaciones de actividades realizadas previamente, puesto que algunas de esas actividades no compartían un mismo espacio, lo que podría generar problemas a la hora de ocupar las aulas. Es decir, podrían ocurrir situaciones en las que en franja horaria en la que ha sido planificada la asignatura, y habiéndola asignado solo a un aula de los que sean necesarios, no haya otras aulas disponibles.

Si bien es cierto que este problema podría solucionarse asignando todas las aulas necesarias a un grupo de actividades asociadas, esto podría generar una incapacidad de planificación de horario, al sobre asignar actividades. Sería sobre todo problemático cuando las aulas a las que asignamos una mayor carga de la real sean aquellas de mayor demanda, como pueden ser aulas de informática o algunos de los laboratorios específicos.

Existen también otros casos que generan una misma problemática, ya que existen algunas asignaturas cuyos laboratorios se reparten en más de una ubicación, y por tanto, es complicado dotar a los mismos de una única. En la Tabla 22 se recogen estas actividades.

Curso	Asignatura	Explicación
O21 (1C) M21 (1C) M22(1C) Q11(1C)	Sistemas de producción y fabricación	La docencia de esta asignatura se lleva a cabo por varios departamentos, cada parte tiene asignadas unas horas de laboratorio así como una ubicación para el mismo. <ul style="list-style-type: none">• Aula de informática• Lab. ISA• Tec. Fab.
M41 (2C)	Motores combustión interna alterna	En este caso, la ubicación de los laboratorios se reparte de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none">• Lab. IEF• Aula de informática
Q41 (2C)	Ingeniería bioprocesos	En este caso, la ubicación de los laboratorios se reparte de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none">• Lab. IQTMA• Lab. QO

Tabla 22. Actividades con más de una ubicación. Elaboración propia.

Estas actividades señaladas anteriormente se han planificado sin establecer en ellas una ubicación concreta. Esta planificación no asegura que estas actividades puedan llevarse a cabo en las aulas a las que están asignadas, ya que, al no tener ningún aula asignada, no existen restricciones sobre su planificación. Esto genera un problema a la hora de tener unos horarios sin conflictos, por lo que las soluciones podrían ser:

- Establecer como espacio de referencia para cada actividad aquella a la que estén asignadas el mayor número de horas de la misma, información que puede obtenerse de el Plan de Organización Docente.
- Asignar el aula de mayor criticidad de ocupación de los relativos a la actividad como aula de referencia, asegurándose así que ésta va a estar disponible y que, por tanto, la actividad no va tener ningún problema para llevarse a cabo.



Otra de las actualizaciones y modificaciones que se han llevado a cabo, antes de comenzar con la planificación final de los horarios, como se señaló en el apartado Aspectos aprendidos, ha sido la creación de pseudo-actividades que comprenden aquellas conjunciones realizadas para compactar los horarios. Estas nuevas actividades tienen un carácter especial, ya que pertenecen a varias materias a la vez, como el programa no permite asignar más de una materia por actividad, se han creado nuevas materias que agrupan las de la pseudo-actividad.

A continuación, en la Tabla 23 se puede observar la estructura que se ha utilizado para la creación de estas actividades. Este formato se ha pensado de cara a facilitar la modificación de los horarios una vez generados, incluyendo entre paréntesis las horas que corresponden a cada materia agrupada.

Pseudo-Asignatura	Asignaturas	Horas por asignatura
Empr (5) Esta(5) FisII (5)	Empresa	5
	Estadística	5
	Física II	5
Empr (10) Esta(10) Mat II (5)	Empresa	10
	Estadística	10
	Matemáticas II	5

Tabla 23. Ejemplo de caracterización de las pseudo-asignaturas. Elaboración propia.

Los pasos que se han seguido para la generación de estos horarios han sido los mismos que en ocasiones anteriores. A continuación se van a describir brevemente las características que tienen estos horarios.

Los periodos lectivos establecidos son seis, comprendidos de 8 a 14 horas en el turno de mañana y de 16 a 22 en el de tarde, se ha intentado reducir, mediante restricciones posteriores sobre la disponibilidad de las aulas.

Ha sido necesario ampliar el número de periodos lectivos semanales de las 25 horas a las 30 debido a que el número de horas totales de algunos grupos excedía las 25, esto puede ser debido a las horas de más que se planifican debida a la necesidad de cuadrar los horarios en un formato semanal.



También hay que tener en cuenta, que en el último curso de todas las titulaciones existen asignaturas optativas que no son cursadas por la totalidad de los alumnos sino que sólo se cursan un número limitado de estas, pero que tienen que ser planificadas de manera que no se solapen entre ellas.

En concreto, en el cuarto curso del grado de Organización Industrial existe un problema de planificación, ya que no se pueden colocar todas las actividades en los huecos horarios disponibles. Para evitar este problema se han eliminado de la planificación las actividades correspondientes a la asignatura Competencias Transversales, ya que esta asignatura actualmente es la única que se imparte sólo en horario de mañana.

En relación a las restricciones en las aulas, se ha asignado un aula de referencia a cada grupo (Tabla 24 y Tabla 25), de manera aleatoria, para que las actividades de éste tuvieran lugar en ellas, y así evitar los cambios de aula que se generaban en los horarios de la prueba anterior.

GRUPO	AULA DE REFERENCIA
O11	B1
M11	B2
M12	B3
Q11	B4
M21	B5
Q21	B6
O31	2.1
M31	A10
M41	A12
Q41	A16

Tabla 24. Aulas de referencias asignadas a cada grupo, turno de mañana. Elaboración propia.



GRUPO	AULA DE REFERENCIA
M13	B1
Q12	B2
M22	B3
O21	B5
M32	A10
Q31	A12
M42	A16
O41	2.1

Tabla 25. Aulas de referencias asignadas a cada grupo, turno de tarde. Elaboración propia.

Además de establecer el aula de referencia, para alguno de los grupos planificados ha habido que añadir un aula de desdoble, debido a que no era posible planificar todas las actividades en el mismo aula. Este aula de desdoble se ha introducido en las actividades de aula y consigue solventar el problema.

En esta planificación se han introducido los datos respectivos a los laboratorios y las aulas de informática, completando así la planificación de los horarios.

Después de hacer una planificación básica de los horarios con todo lo expuesto con anterioridad y comprobar que éstos podían generarse sin problema, se ha comenzado a introducir restricciones más específicas.

Se ha establecido como restricción que los grupos de alumnos sólo puedan tener un periodo lectivo vacío en su día, para generar horarios más compactos y mejor distribuidos.

También se ha introducido que las actividades de teoría preferentemente no tengan lugar en el primer periodo lectivo, es decir de 8 a 9 de la mañana en el horario de mañana, para evitar que la jornada lectiva se alargue y para permitir que los laboratorios que son generalmente los que tienen una mayor variabilidad en la duración tengan lugar en esos periodos, teniendo así la posibilidad de cuando estos no se realicen todas las semanas no se generen huecos libres en el horario.



Un ejemplo de cómo resulta la generación de los horarios mediante este software se puede observar en el ejemplo incluido en los anexos de este trabajo. No obstante, la planificación completa tanto de horarios para los alumnos como de ocupación de las aulas se encuentra informáticamente en la ubicación siguiente: Información Adicional / Horarios / Definitivos.



Capítulo 6: Valoración de los horarios

En este capítulo van a valorarse los horarios que se han obtenido, así como la adecuación de los mismos a las necesidades y requisitos que en un principio se plantearon. Para la realización de esta valoración se han tenido en cuenta los comentarios realizados sobre los horarios por la Escuela.

Los horarios generados mediante la utilización del software se aproximan a la planificación que se llevaba hasta ahora a cabo por parte de la Escuela. Un ejemplo de ello son las divisiones de los cursos en grupos y subgrupos, que el programa permite hacer de manera idéntica a como se planifican actualmente en la Escuela.

Si bien es cierto que existen algunas diferencias respecto a los horarios tradicionales. Por ejemplo, existe la necesidad de modificación de los horarios, una vez generados, para agrupar la desagregación en dos partes del grupo 2L y que así se corresponda con las necesidades reales de la Escuela.

Existe también la necesidad de repartir por semanas aquellas actividades que se han agrupado con anterioridad para poder generar los horarios. Así como, establecer las semanas realmente lectivas de aquellas actividades de las que se han planificado mayor número de horas de las que realmente se encuentran asignadas a ellas en el POD.

Algunas de estas restricciones no contempladas hasta los horarios actuales pero que son necesarias para completar la generación de los horarios y la adecuación total a los requisitos de la Escuela van a describirse a continuación, así como la solución comentada.

Una de estas nuevas características a tener en cuenta es la existencia de actividades, generalmente laboratorios, cuya duración es irregular a lo largo de las semanas. La solución más sencilla consiste en, mediante restricciones, establecer esas actividades prioritariamente en los periodos de comienzo o de finalización del horario lectivo, para que, en las ocasiones en las que se requiera, se aumente este horario con el periodo anterior o posterior, consiguiendo así planificar las actividades sin interferir en los horarios generados.

Otra de las características que se han sugerido como interesantes, es que en aquellas asignaturas cuyas actividades de aula tengan una duración semanal de dos horas para cada grupo, estas no se realicen de manera consecutiva. Esto se debe a que si se pierde un día de clase – por ser festivo – el número de horas de aula afectadas será menor.



Además, en línea con ese planteamiento, se busca que en un mismo día los dos grupos de aula diferentes tengan esa misma actividad; para que en caso de pérdida de horas de clase esta sea la misma en ambos grupos y no se generen desigualdades en la materia explicada.

Otro de los aspectos considerados es el de la introducción de los profesores en el proceso de la planificación de los horarios, ya que como se ha comentado con anterioridad, permitiría establecer un mayor número de restricciones en los horarios así como evitaría la generación de incompatibilidades para el personal docente. Una solución más rápida para la introducción del profesorado, sería considerar este, simplemente con un código asociado a un departamento y que posteriormente sean los departamentos los que repartan esos códigos dentro del profesorado.

No obstante, algunas de las restricciones que se quieren asignar al profesorado pueden sustituirse por otras referentes a las aulas en las que se imparten o a los horarios preferidos de las mismas.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Como se expuso anteriormente, el proceso que se lleva a cabo en la actualidad para la generación de los horarios en la Escuela es un proceso largo y tedioso que conlleva gran cantidad de consumo de recursos (tanto en tiempo como en cantidad).

Para mejorar este proceso, es importante conocer las ventajas que supone la implementación de un programa de planificación de horarios.

Por ello, en este trabajo se han estudiado diversos programas de planificación, buscando en ellos aquellas características que permitieran cumplir con los requisitos expuestos por la Escuela, para finalmente escoger uno sobre el que focalizar el estudio exhaustivo con pruebas del mismo para poder comprobar de primera mano qué ventajas ofrece frente a la planificación tradicional.

A continuación se va a recordar de manera breve la metodología seguida en la elaboración de este trabajo: se han identificado las necesidades y particularidades de la planificación de horarios en la EII, se han preseleccionado tres programas en base a una primera investigación de programas disponibles y necesidades a cubrir, se ha elegido el programa FET por presentar diversas características favorables, entre las que se cuentan la posibilidad de realizar diversas divisiones en los grupos de alumnos y la posibilidad de importar de ficheros txt los datos requeridos para la planificación.

Se ha contado con la colaboración de la subdirección de ordenación académica para conocer cómo se realiza en la actualidad el proceso de la planificación de los horarios de la Escuela. Ha proporcionado los datos requeridos para esta planificación y aquellos requisitos y necesidades que, por parte de la Escuela, necesita que contengan los horarios generados.

Además la subdirección de ordenación académica ha realizado una crítica valorando positivamente los resultados conseguidos mediante el programa y la adecuación de los horarios generados con los requisitos y necesidades que tiene la Escuela.

Si bien es cierto que la utilización del software no exime de algunas de las tareas más tediosas de la planificación de horarios, es capaz de eliminar las iteraciones que anteriormente eran necesarias para poder llegar a un horario válido en un tiempo mucho menor, del orden de los 2 segundos en las pruebas realizadas (una vez introducidos los datos de partida).



Esto supone una reducción notable del tiempo empleado en la planificación de los horarios de la Escuela, permitiendo que ese tiempo pueda emplearse para otros fines diferentes de la planificación de los horarios.

No obstante, es necesario un trabajo previo a esta simulación. Gran parte de este trabajo previo ha sido realizado en este trabajo, generando las tablas para recoger la información necesaria en los horarios de la Escuela. Si bien es cierto que este trabajo habría que realizarlo de manera completa para la primera vez que se necesite, posteriormente sólo habría que modificar aquellos campos que hayan variado en el año académico correspondiente.

Los resultados obtenidos en las pruebas de este proceso de planificación de horarios son una buena aproximación a los horarios que actualmente se realizan por parte de la Escuela.

El punto más favorable de esta planificación es la consecución de horarios que respetan las divisiones de los alumnos en diferentes grupos y subgrupos. Además, el programa permite exportar los horarios para los cursos completos, así como para las diversas divisiones de los mismos, lo que es una ventaja a la hora de distribuir los horarios para los alumnos.

Otra de las grandes ventajas es que permite distribuir las actividades en las aulas, generando horarios de ocupación de las mismas. Es un punto muy importante sobre todo de cara a aquellas aulas cuya demanda de ocupación es elevada, ya que se eliminan las reiteradas iteraciones para conseguir cuadrar los horarios.

Además, hay que tener en cuenta que el proceso manual de planificación de horarios no está exento de posibles errores que puedan surgir, bien en la planificación o en la transcripción de la ocupación de las aulas. Estos errores son especialmente complejos de solucionar cuando los horarios ya se han oficializado. Automatizar la generación de los horarios evita la aparición de los errores humanos, al tener un algoritmo que es capaz de tener en cuenta todas las restricciones.

Por todo ello, la implementación de un programa de planificación de horarios en el proceso de generación de los mismos en la Escuela de Ingenierías Industriales permitiría cumplir con el objetivo principal de este trabajo, la simplificación del proceso y la reducción del tiempo empleado en el mismo.

Respecto a los objetivos generales de un Trabajo Fin de Grado (TFG), la normativa establece que el TFG es un trabajo de reflexión final en el cual el estudiante deberá mostrar que ha adquirido el conjunto de competencias



asociadas al Título. En el caso del Grado de Ingeniería en Organización Industrial, estas competencias aparecen detalladas en la guía docente del TFG(https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2016/447/42517/1/Documento.pdf) siendo la específica de la titulación la realización y presentación individual de un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de las ingeniería industrial de naturaleza profesional en el que se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las enseñanzas.

En el desarrollo de este TFG quedan recogidas todas aquellas competencias generales que se han ido adquiriendo a lo largo de la carrera, entre ellas destacan la capacidad de trabajar de forma autónoma, la expresión escrita y oral, así como la capacidad de planificación y organización del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

Dimopoulou, M., & Miliotis, P. (2001). Implementation of a university course and examination timetabling system. *European Journal of Operational Research*, 202-213.

Dirr, V. (10 de Mayo de 2009). *FET - Help contents*. Obtenido de FET - Free Timetabling Software: www.lalescu.ro/liviu/fet/doc/

Lalescu, L. (25 de Agosto de 2016). *FET - Timetabling Generation Algorithm - Description*. Obtenido de FET - Free Timetabling Software: <http://lalescu.ro/liviu/fet/doc/en/generation-algorithm-description.html>

Mansor, Z., Juraidawati, A., & Hassan, M. A. (2013). Implementation on FET application in generating a university course and examination timetabling. *Second Internacional Conference on Information Technology and Bussiness Application*. Palembang, Indonesia.

Páginas web consultadas

Mimosa Software Ltd. (29 de Agosto de 2016). *Company Information*. Obtenido de Mimosa Software: <http://www.mimosasoftware.com/company.html>

Unitime. (30 de Agosto de 2016). *UniTime | University Timetabling*. Obtenido de UniTime | University Timetabling: www.unitime.org

Otras fuentes de consulta

A continuación se van a citar algunos de las fuentes principales, que no tienen referencia explícita en el texto o que se han utilizado para la generación de la información adicional referente a este trabajo.

Plan de Organización Docente 2016-2017. Universidad de Valladolid (2016)

Archivos sobre la ocupación de aulas de las distintas sedes en el curso 2016-2017. Escuela de Ingenierías Industriales

Página web de la Escuela de Ingenierías Industriales- Uva: www.eii.uva.es

ANEXOS

ANEXOS

Anexo I: Tablas generadas

I.1. Tablas de curso, grupo y subgrupo

TURNO DE MAÑANA					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
PRIMERO					
O11	O11_1A	O11_1L	72	36	24
O11	O11_1A	O11_2L1	72	36	12
O11	O11_2A	O11_2L2	72	36	12
O11	O11_2A	O11_3L	72	36	24
M11	M11_1A	M11_1L	84	42	28
M11	M11_1A	M11_2L1	84	42	14
M11	M11_2A	M11_2L2	84	42	14
M11	M11_2A	M11_3L	84	42	28
M12	M12_1A	M12_1L	84	42	28
M12	M12_1A	M12_2L1	84	42	14
M12	M12_2A	M12_2L2	84	42	14
M12	M12_2A	M12_3L	84	42	28
Q11	Q11_1A	Q11_1L	54	27	18
Q11	Q11_1A	Q11_2L1	54	27	9
Q11	Q11_2A	Q11_2L2	54	27	9
Q11	Q11_2A	Q11_3L	54	27	18



TURNO DE MAÑANA					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
SEGUNDO					
M21	M21_1A	M21_1L	96	48	32
M21	M21_1A	M21_2L1	96	48	16
M21	M21_2A	M21_2L2	96	48	16
M21	M21_2A	M21_3L	96	48	32
Q21	Q21_1A	Q21_1L	102	51	34
Q21	Q21_1A	Q21_2L1	102	51	17
Q21	Q21_2A	Q21_2L2	102	51	17
Q21	Q21_2A	Q21_3L	102	51	34

TURNO DE MAÑANA					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
TERCERO					
O31	O31_1A	O31_1L	66	33	22
O31	O31_1A	O31_2L1	66	33	11
O31	O31_2A	O31_2L2	66	33	11
O31	O31_2A	O31_3L	66	33	22
M31	M31_1A	M31_1L	96	48	32
M31	M31_1A	M31_2L1	96	48	16
M31	M31_2A	M31_2L2	96	48	16
M31	M31_2A	M31_3L	96	48	32



TURNO DE MAÑANA					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
CUARTO					
M41	M41_1A	M41_1L	72	36	24
M41	M41_1A	M41_2L1	72	36	12
M41	M41_2A	M41_2L2	72	36	12
M41	M41_2A	M41_3L	72	36	24
Q41	Q41_1A	Q41_1L	36	18	12
Q41	Q41_1A	Q41_2L1	36	18	6
Q41	Q41_2A	Q41_2L2	36	18	6
Q41	Q41_2A	Q41_3L	36	18	12

TURNO DE TARDE					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
PRIMERO					
M13	M13_1A	M13_1L	84	42	28
M13	M13_1A	M13_2L1	84	42	14
M13	M13_2A	M13_2L2	84	42	14
M13	M13_2A	M13_3L	84	42	28
Q12	Q12_1A	Q12_1L	54	27	18
Q12	Q12_1A	Q12_2L1	54	27	9
Q12	Q12_2A	Q12_2L2	54	27	9
Q12	Q12_2A	Q12_3L	54	27	18



TURNO DE TARDE					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
SEGUNDO					
O21	O21_1A	O21_1L	126	63	42
O21	O21_1A	O21_2L1	126	63	21
O21	O21_2A	O21_2L2	126	63	21
O21	O21_2A	O21_3L	126	63	42
M22	M22_1A	M22_1L	96	48	32
M22	M22_1A	M22_2L1	96	48	16
M22	M22_2A	M22_2L2	96	48	16
M22	M22_2A	M22_3L	96	48	32

TURNO DE MAÑANA					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
TERCERO					
M32	M32_1A	M32_1L	96	48	32
M32	M32_1A	M32_2L1	96	48	16
M32	M32_2A	M32_2L2	96	48	16
M32	M32_2A	M32_3L	96	48	32
Q31	Q31_1A	Q31_1L	66	33	22
Q31	Q31_1A	Q31_2L1	66	33	11
Q31	Q31_2A	Q31_2L2	66	33	11
Q31	Q31_2A	Q31_3L	66	33	22



TURNO DE MAÑANA					
CURSO	GRUPO	SUBGRUPO	ALUMNOS CURSO	ALUMNOS GRUPO	ALUMNOS SUBGRUPO
CUARTO					
M42	M42_1A	M42_1L	72	36	24
M42	M42_1A	M42_2L1	72	36	12
M42	M42_2A	M42_2L2	72	36	12
M42	M42_2A	M42_3L	72	36	24
O41	O41_1A	O41_1L	54	27	18
O41	O41_1A	O41_2L1	54	27	9
O41	O41_2A	O41_2L2	54	27	9
O41	O41_2A	O41_3L	54	27	18



I.2. Ejemplo de las tablas de actividades creadas

Materia	Abreviatura	Grupo alum.	Dur. total	Tipo Actividad	Dur. Sem.	Dias cons.	Aula/s	Comentarios
Expresión gráfica en la ingeniería	Expresión grafica	011_1T	26	T	2		Aula estándar	
Expresión gráfica en la ingeniería	Expresión grafica	011_1A	28	A	2		Aula de dibujo	Sobran 2 horas
Expresión gráfica en la ingeniería	Expresión grafica	011_2A	28	A	2		Aula de dibujo	Sobran 2 horas
Expresión gráfica en la ingeniería	Expresión grafica	011_1L	6	L				Se unen los laboratorios de expresión gráfica con los de matemáticas, y sobrarían cinco horas
Expresión gráfica en la ingeniera	Expresión grafica	011_2L	6	L				
Expresión gráfica en la ingeniería	Expresión grafica	011_3L	6	L				
Física I	Física I	011_1T	30	T	2		Aula estándar	
Física I	Física I	011_1A	15	A	1		Aula estándar	
Física I	Física I	011_2A	15	A	1		Aula estándar	



Física I	Física I	011_1A	5	S	1	Aula estándar	Se unen los dos y sobran 5 horas
Física I	Física I	011_2A	5	S			
Física I	Física I	011_1L	10	L		Laboratorio de Física	La duración total es de 30, los laboratorios en periodos de dos horas, utilizar la misma franja horaria
Física I	Física I	011_2L	10	L	2		
Física I	Física I	011_3L	10	L			
Fundamentos informática	F. Informática	011_1T	30	T	2	Aula estándar	
Fundamentos informática	F. Informática	011_1L	30	L	2	Aula de informática	
Fundamentos informática	F. Informática	011_2L	30	L	2	Aula de informática	
Fundamentos informática	F. Informática	011_3L	30	L	2	Aula de informática	
Matemáticas I	Matemáticas I	011_1T	30	T	2	Aula estándar	
Matemáticas I	Matemáticas I	011_1A	15	A	1	Aula estándar	



Matemáticas I	Matemáticas I	011_2A	15	A	1	Aula estándar	
Matemáticas I	Matemáticas I	011_1A	11	S			Se unen los seminarios de mates con los de química, sobra 1 hora
Matemáticas I	Matemáticas I	011_2A	11	S			
Matemáticas I	Matemáticas I	011_1L	4	L			Se unen los laboratorios de expresión gráfica con los de matemáticas, y sobrarían cinco horas
Matemáticas I	Matemáticas I	011_2L	4	L			
Matemáticas I	Matemáticas I	011_3L	4	L			
Química en la ingeniería	Química	011_1T	15	T	1	Aula estándar	
Química en la ingeniería	Química	011_1A	30	A	2	Aula estándar	
Química en la ingeniería	Química	011_2A	30	A	2	Aula estándar	
Química en la ingeniería	Química	011_1A	3	S			Se unen los seminarios de mates con los de química, sobra 1 hora
Química en la ingeniería	Química	011_2A	3	S			



TABLA AUXILIAR DE ACTIVIDADES QUE COMPARTEN PERIODO

Materia (Abreviatura)	Grupo de alumnos	Duración total	Tipo Actividades	Duración semana	Días consecutivos	Aula/s	Comentarios
Expr. Graf. (6) Matl (4)	O11_1L	10	L	1		Aula informática	
Expr. Graf. (6) Matl (4)	O11_2L	10	L	1		Aula informática	
Expr. Graf. (6) Matl (4)	O11_3L	10	L	1		Aula informática	
Matl (11) Química (3)	O11_1A	14	S	1		Aula estándar	
Matl (11) Química (3)	O11_2A	14	S	1		Aula estándar	

Anexo II: Horarios definitivos generados

II.1. Ejemplo de horario para alumnos

EII-UVa

	Lunes	Martes	O11 Miércoles	Jueves	Viernes
8-9	O11_1L F. Informática O11_2L1, O11_2L2 F. Informática Sim2 Sim3	O11_1A Física I B1	O11_2A, O11_1A Física I	O11_3L Expr. Graf. (6) MatI (4) Sim3	---
9-10	O11_1L F. Informática O11_2L1, O11_2L2 F. Informática O11_3L F. Informática Sim2 Sim3 Sim1	Química B1	O11_1L, O11_2L1, O11_2L2, O11_3L Física I Lab Física	Física I B1	O11_1L Expr. Graf. (6) MatI (4) O11_2A Matemáticas I Sim4 B1
10-11	O11_2L1, O11_2L2 Expr. Graf. (6) MatI (4) O11_3L F. Informática Sim2 Sim1	Expresion grafica B1	O11_2A MatI (11) Química (3) B1	O11_1A MatI (11) Química (3) B1	O11_2A Física I B1
11-12	Matemáticas I B1	O11_1A Expresion grafica D1	O11_2A Química B1	O11_1A Química B1 O11_2A Expresion grafica D1	---
12-13	Matemáticas I B1	O11_1A Expresion grafica D1	O11_2A Química B1	O11_1A Química B1 O11_2A Expresion grafica D1	---
13-14	O11_1A Matemáticas I B1	O11_1A Expresion grafica D1	O11_2A Química B1	O11_1A Química B1 O11_2A Expresion grafica D1	---
Horario generado con FET 5.29.1 con fecha 6/9/16 18:29					

II.2. Ejemplos de horarios de ocupación de aulas

EII-UVa

	B1				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8-9	-x-	O11_1A Física I	-x-	-x-	-x-
9-10	---	O11 Química	---	O11 Física I	O11_2A Matemáticas I
10-11	---	O11 Expresion grafica	---	O11_1A MatI (11) Química (3)	O11_2A Física I
11-12	O11 Matemáticas I	O11 Expresion grafica	O11_2A MatI (11) Química (3)	O11_1A MatI (11) Química (3)	---
12-13	O11_1A Matemáticas I	O11_2A Química	O11 F. Informática	O11_1A Química	---
13-14	O11_1A Matemáticas I	O11_2A Química	O11 F. Informática	O11_1A Química	---
Horario generado con FET 5.29.1 con fecha 6/9/16 18:29					



EII-UVa

	Sim1				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8-9	M21_2L1, M21_2L2 Matemáticas III	Q41_2A Model. Optim. P. Q.	Q11_3L Expr. Graf. (6) MatI (4)	O31_3L Dir(5) EEE(5) GICE(5)	Q41 Proyectos I.Q.
9-10	O11_3L F.		---	---	M41_1A P. Fab II
10-11	Informatica	---	---	---	---
11-12	M12_1L F.	---	M11_1L Expr. Graf. (6) MatI (4)	M12_2L1, M12_2L2	---
12-13	Informatica	---	M31_1A D. A. O.	F. Informatica	M41 MNSSF
13-14	M12_1L Expr. Graf. (6) MatI (4)	O31_2L1, O31_2L2 Dir(5) EEE(5) GICE(5)	---	---	---
Horario generado con FET 5.29.1 con fecha 6/9/16 18:29					