



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo automático de la sábana de la ENM-CUD

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Fco. Javier Ruiz Fontán

DIRECTORES: Javier Martínez Torres
C.F Ramón Touza Gil

CURSO ACADÉMICO: 2018-2019

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo automático de la sábana de la ENM-CUD

Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General / Infantería de Marina

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

La correcta realización de complejos horarios como el de la Escuela Naval Militar, es un proceso largo y tedioso donde un simple fallo puede acarrear, que resulte imposible cuadrar todas las variables. Por eso, y con el objetivo de asegurar e incrementar la eficacia de los horarios tipo, que se utilizan a día de hoy en la Escuela Naval Militar-Centro Universitario de la Defensa, se plantea la posibilidad de hacer uso de softwares informáticos capaces de generar de manera automática los horarios. Debido a que, por ahora se utiliza el software de Microsoft Excel, no existen estudios en la Escuela Naval acerca de las capacidades generales que los softwares de este estilo pueden ofrecer. El presente Trabajo de Fin de Grado pretende analizar estos softwares comerciales utilizando uno de ellos como caso de uso. Se tratará de efectuar mediante este software tanto una sábana escolar, como un cursillo de verano cualquiera de esta Escuela Naval Militar.

Además de lo previamente comentado, este Trabajo de Fin de Grado busca también definir de manera abierta la formulación matemática derivada del problema, que supone, la generación de horarios para posteriores futuros trabajos relacionados con este.

PALABRAS CLAVE

Generación, Horarios, Software, Formulación, ENM-CUD

AGRADECIMIENTOS

Para mi familia, y sobre todo para mi madre, por aguantar mis quejas y alegrías estos últimos 5 años.

Para todas aquellas personas que se han involucrado en este trabajo, en especial a mis tutores que me han ayudado a sacarlo adelante.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	4
1 Introducción y objetivos	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	7
1.4 Metodología	7
1.5 Estructuración y contenidos de la memoria.	8
2 Estado del arte	10
2.1 Situación actual	10
2.2 Descripción del problema de generar la sábana completa	11
2.3 Sábana de alumnos.....	11
2.4 Características generales de la sábana escolar	12
2.4.1 Tipos de semana en la sábana	12
2.4.2 Cursos y grupos	12
2.4.3 Horas por asignatura específica militar	12
2.4.4 Horas por asignatura del Título de Grado.....	12
2.4.5 Distribución de las clases.....	13
2.4.6 Aulas disponibles.....	13
2.4.7 Profesores disponibles	13
2.5 Descripción del problema de programar cursillo de verano.	13
2.5.1 Cursillo de verano.	13
2.6 Requerimientos del cursillo de verano.	14
2.6.1 El máximo de asignaturas suspensas a cursar.....	14
2.6.2 Asistencia obligatoria a las clases suspensas.	14
2.6.3 Horas de clase por cada crédito suspenso.	14
2.6.4 Comenzarán el cursillo aquellas materias del primer semestre.	15
2.6.5 Duración de cada clase.	15
2.7 Sistemas advanced planning and scheduling (APS).	15
2.7.1 Aplicaciones destinadas a generar horarios.	15
2.7.1.1 GHC Horarios-Peñalara.....	15
2.7.1.2 Matriz DAFO GHC Peñalara	17

2.7.2 FET Generador de Horarios Libre	18
2.7.2.1 Matriz DAFO FET Generador de horarios.....	18
2.7.3 Horw	19
2.7.3.1 Matriz DAFO Horw	21
2.7.4 Asc Horarios	22
2.7.4.1 Matriz DAFO Asc Horarios	23
3 Desarrollo del TFG.....	24
3.1 Descripción de la Aplicación Asc Horarios	24
3.1.1 Aspectos generales de Asc Horarios.....	24
3.1.2 Recreación de la generación de un horario cualquiera	26
3.2 Formulación matemática para la sábana escolar.....	33
3.2.1 Conjuntos	33
3.2.2 Parámetros	34
3.2.3 Variables	35
3.2.4 Restricciones.....	35
3.2.5 Función Objetivo	36
3.3 Formulación del modelo del cursillo de verano.....	36
3.3.1 Conjuntos.....	37
3.3.2 Parámetros	37
3.3.3 Variables	38
3.3.4 Restricciones.....	39
3.3.5 Función Objetivo	40
4 Resultados	41
4.1 Modelo en Asc Horarios	41
4.1.1 Ejemplo prototipo de la Sábana escolar.....	41
4.1.2 Ventajas de usar el software Asc Horarios	48
4.1.3 Ejemplo prototipo de cursillo de verano.....	48
5 Conclusiones y líneas futuras	51
5.1 Conclusiones	51
5.2 Líneas futuras	52
6 Bibliografía.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Sábana Asp 2º Ejemplo	7
Figura 2-1 Horario AF. Lunes	11
Figura 2-2 GHC Peñalara	16
Figura 2-3 Matriz DAFO GHC Peñalara.....	17
Figura 2-4 FET Generador de Horarios	18
Figura 2-5 Matriz DAFO FET Generador Horarios.....	19
Figura 2-6 Ejemplo Horw.....	20
Figura 2-7 Matriz DAFO Horw.....	22
Figura 2-8 Matriz DAFO Asc Horarios.....	23
Figura 3-1 Restricciones Asignaturas.....	25
Figura 3-2 Opción de Prueba.....	25
Figura 3-3 Ejemplo Demo Asc Horarios.....	26
Figura 3-4 Paso 1/7.....	27
Figura 3-5 Paso 2/7.....	28
Figura 3-6 Paso 3/7.....	29
Figura 3-7 Paso 4/7.....	29
Figura 3-8 Paso 5/7.....	30
Figura 3-9 Paso 6/7.....	31
Figura 3-10 Contrato del profesor	31
Figura 3-11 Paso 7/7.....	32
Figura 3-12 Generación de horario.....	32
Figura 3-13 Ejemplo Cursillo verano	33
Figura 4-1 Final de Generación de prototipo	42
Figura 4-2 Prototipo final sábana (parte 1).....	43
Figura 4-3 Prototipo final sábana (Parte 2)	44
Figura 4-4 Prototipo final sábana (Parte 3)	45
Figura 4-5 Prototipo final sábana (Parte 4)	46
Figura 4-6 Prototipo final sábana (Parte 5)	47
Figura 4-7 Prototipo final cursillo de vera	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Presupuestos GHC Peñalara.....	17
Tabla 2-2 Características Asignaturas	20
Tabla 2-3 Características Profesores	21
Tabla 2-4 Presupuesto Horw	21
Tabla 2-5 Presupuesto Asc Horarios	22
Tabla 3-1 Ejemplo Práctico	27

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Para este primer apartado introductorio, se pretende conseguir definir claramente la problemática del enredoso trabajo que conlleva la elaboración de la sábana escolar, así como los antecedentes que nos llevan a la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) y de sus los objetivos. De la misma manera, se presentará la estructura y contenido del trabajo.

1.1 Antecedentes

Es el 19 de noviembre con la ley 39/2007 de la carrera militar (LCM) [1] cuando se introduce un importante cambio en la enseñanza de las Fuerzas Armadas. Debido a la LCM se diseña un nuevo modelo de formación para los oficiales del Cuerpo General y del Cuerpo de Infantería de Marina partiendo del objetivo imprescindible de proporcionar la preparación requerida para el ejercicio profesional. La LCM comprende tanto la formación militar general y específica de cada cuerpo, como un Título de Grado Universitario del sistema educativo general que se imparte en el Centro Universitario de la Defensa, ubicado en la propia Escuela Naval Militar (ENM).

Para determinar la Titulación de Grado a impartir por el CUD se basaron en las necesidades y características que necesitaban poseer los futuros oficiales de la Armada. Partiendo de los perfiles arriba comentados, se determinó que la titulación que mejor se ajustaba era la del Título Oficial de Ingeniería Mecánica.

Con la llegada del Centro Universitario de la Defensa (CUD) a la ENM y la implantación del nuevo modelo de estudios, la Escuela Naval sufrió grandes cambios en todos los ámbitos. Esta nueva actualización que sufre la ENM exige la creación de un nuevo horario escolar mucho más comprimido que el usado anteriormente. Es por ley, que se exige, que, para ciertos créditos, correspondan ciertas horas de clase por parte del alumno. Estas clases han de ser tanto de estudio propio del alumno, como de clases que se les impartirán. Es en este momento, donde la problemática surge. Es necesario encontrar un espacio de tiempo y adecuar ese espacio de tiempo para todos aquellos alumnos de la ENM cursando el CUD.

Dado que el número de asignaturas con la llegada del CUD aumenta exponencialmente, el problema que antiguamente no daba tanto de sí, creció en consecuencia.

1.2 Justificación

Se debe a este aumento de asignaturas en general, el que surja este problema de materialización de los horarios. Son las asignaturas del título de grado al sumarse con todas las actividades militares ya programadas a lo largo de la semana, además de todas las asignaturas específicas de la rama militar, la

razón por la que surge la necesidad de la elaboración de una sábana de garantía. Esta sábana deberá ser estricta y clara, pero a la vez lo suficientemente flexible como para poder realizar cambios de última hora si se diese la necesidad.

La sábana consiste por lo tanto en una mezcla bizarra de asignaturas específicas militares con asignaturas del título de grado, teniendo también presente, las numerosas actividades militares llevadas a cabo durante la semana, como la Instrucción Militar, las salidas en las Lanchas de Instrucción, o las Prácticas de Campo llevadas a cabo por los alumnos de Infantería de Marina. Además de toda esta mezcla de actividades, se habrá de tener en cuenta también para la realización de este calendario las necesidades por separado de los docentes universitarios de la de los docentes militares destinados al aprendizaje de los alumnos.

Otra necesidad, además de satisfacer de la mejor manera posible ambas ramas, que surge, es la de contabilizar las horas de las asignaturas específicas es de una manera similar o semejante a la manera de créditos utilizada por las asignaturas universitarias. La equivalencia utilizada en este TFG, está de acorde, a la programación escolar del curso 2017-2018, de manera que no cambia demasiado el horario objetivo, al real usado este año.

En cuanto al segundo caso práctico, el cursillo de verano, se debe a esta crecida de alumnos suspensos, el corto espacio de tiempo disponible para realizar el cursillo de refuerzo de verano y el número de asignaturas suspensas por cada alumno, el que surja el problema, de asignar a cada periodo de tiempo, una asignatura. Se ha de procurar evitar cualquier conflicto para los alumnos suspensos o para los profesores de la materia.

Los demás problemas aparecen como consecuencia directa de las numerosas restricciones que se han de implantar durante el cursillo de verano para su correcto aprovechamiento. Algunos ejemplos de estas necesidades serán, que cada alumno ha de tener al menos una proporción lo más parecido a una hora de estudio por cada hora de materia suspensa, o que por cada 3 créditos de asignatura suspensa son necesarias 7 horas de cursillo obligatorias. También existe la restricción de que han de comenzar en la medida de lo posible, las asignaturas del primer cuatrimestre antes que las del segundo.

Hasta la fecha, ambos calendarios se han ido realizando por una persona a mano mediante la aplicación de Excel (Figura 1-1), evitando de manera pulcra cualquier conflicto que pudiera existir y llevándole una gran cantidad de tiempo. En caso de cometer un error en el calendario supondría un caos a la hora de impartir las clases y conllevaría la posibilidad de que algunas clases no se pudieran dar y por lo tanto un cambio en el calendario. El principal problema de realizar a mano estos extensos horarios es que, si se descubre un fallo, poder corregirlo rápido resulta muy complicado.

Además, y aunque el resultado final no tuviese conflictos, un trabajo a mano no alcanza en muchos casos, el nivel de eficiencia deseado, teniendo que sacrificar alguna hora de estudio o alargando innecesariamente el calendario en cuestión.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, parece necesaria la implantación de un programa capaz de resolver el problema y más importante de reducir enormemente el tiempo empleado para su realización y aumentar su eficiencia, es decir, un programa capaz de materializar automáticamente el calendario.

		LUNES										MARTES							
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	IM1	IM2	G1	G2	G3	G4	G5	G6	IM1	IM2		
0830	0920	MAN_NAVEG_II ASP2 G1G2G3G4G5G6 TN_PITA						TÁCTICA ANFIBIA II CAP_GARC 53		MAN_NAVEG_II G1G2G3 TN_PITA			Electrotecnia A56	ESTUDI O	ESTUDI O	TÁCTICA ANFIBIA II CAP_GA			
0925	1015	T. Máquinas G1G2G3G4 AULA 45				Electrotecnia G5G6IM1IM2 AULA 56						ESTUDI O	ESTUDI O	Electrotecnia 45	MAN_NAVEG_II G4G5G6 TN_PITA		ZAPADOR ES CAP_NL		
1035	1125	Ingles I grupos de nivel 1, 2, 3 y 4 Aulas 45,56,14,15,19								T. Máquinas G1G2G3G4 AULA 45				MEDIOAMBIENTE G5G6IM1IM2 AULA 56					
1130	1220									MEDIOAMBIENTE G1G2G3G4 AULA 45				Mecánica de Fluidos G5G6IM1IM2 AULA 56					
1225	1315	Electrotecnia G1G2G3G4 AULA 45				T. Máquinas G5G6IM1IM2 AULA 56				Mecánica de Fluidos G1G2G3G4 AULA 45				T. Máquinas G5G6IM1IM2 AULA 56					
1330	1420	EDUCACIÓN FÍSICA								EDUCACIÓN FÍSICA									

Figura 1-1 Sábana Asp 2º Ejemplo

1.3 Objetivos

El objetivo general consiste en la obtención de una aplicación capaz de generar horarios de manera automática. De esta manera se ahorraría un cuantioso tiempo, pues sería un método mucho más veloz y eficiente para realizar la sábana escolar de cada cuatrimestre. Se pretende, además, comparar varios softwares dedicados a ello y una vez analizados, realizar dos casos prácticos con uno de los softwares propuestos. Adicionalmente en este TFG se tratará de modular el problema matemático para futuras optimizaciones. Para ello, se podrían utilizar softwares como el Solver para poder realizar el trabajo.

Este objetivo se puede dividir en objetivos más específicos como:

1. Análisis del estado del arte de los softwares existentes en el mercado capaces de generar horarios automáticamente.
2. Desarrollo de dos casos reales mediante uno de los softwares previamente analizados; uno, la sábana completa de alumnos ENM-CUD, y otro, el cursillo de verano CUD.
3. Analizar el problema de la generación de horarios en función de los requisitos que se imponen cada año para así poder formular matemáticamente ambos casos prácticos previamente explicados.

1.4 Metodología

El trabajo en el que se basa este TFG, se divide primordialmente en dos ramas fácilmente diferenciadas. Estas son independientes entre sí, pero el propósito de ambas es el mismo, el conseguir generar el mejor horario posible a partir de un software. Las etapas que se han llevado a cabo se explicarán a continuación.

En primer lugar como ya se ha comentado en los objetivos, punto 1.3, se ha propuesto la obtención de una aplicación capaz de generar horarios automáticamente. Para ello, se investigarán una serie de softwares destinados a este cometido. Se realizará un caso práctico con uno de ellos, todavía por elegir. La aplicación elegida habrá de funcionar mediante la introducción manual en la aplicación de aquellas restricciones y variables que se pretendan usar. En este caso, el de la Escuela Naval es interesante tener muy en cuenta a los profesores, conocer donde impartirán las clases y que clases impartirán. Además,

los grupos de clase en los que se divide la sábana escolar, las materias que cursarán los grupos en cuestión y las aulas en las que se darán las clases son aspectos muy a tener en cuenta. Adicionalmente, se tendrán en cuenta, ciertas restricciones, que se comentarán más adelante en este trabajo en el punto, 2.4. La idea fundamental consiste en automatizar de cara al futuro, la creación de los horarios en la Escuela Naval Militar, para así, poder evitar fallos en el mismo o, si en caso de necesitar realizar algún cambio a posteriori, resulte una tarea más fácil y eficiente gracias al programa.

Adicionalmente, en la segunda parte del TFG, se analizará matemáticamente el problema de la generación de horarios. Para ello, se han de modular las diferentes características involucradas. Se definirán durante el TFG, los conjuntos más importantes que definen el problema, además de los parámetros más determinantes para poder esclarecer correctamente el enunciado en cuestión. Una vez se hayan definido todos, se procederá a definir una función objetivo abierta de tal manera que en un futuro se pueda retomar este TFG para realizar un estudio matemático más a fondo.

De esta manera se concluyen los objetivos marcados en el comienzo del TFG.

1.5 Estructuración y contenidos de la memoria.

La memoria de este TFG se organiza principalmente de la siguiente manera:

- Capítulo 1: El siguiente trabajo comienza con una breve y concisa introducción. En ella se ahonda sobre la importancia de este TFG y sobre las posibles implicaciones que se producirían si se llegase a dar utilidad. Además, se realiza su justificación y se presentan los objetivos que se imponen para la satisfactoria finalización del TFG. Finalmente se termina el capítulo haciendo una breve mención a la metodología usada para su realización y a la estructura empleada.
- Capítulo 2: En este capítulo se pretende describir los apartados y conceptos más importantes. Se denomina como estado del arte y se hace mención a todas las diferentes variables que se han tenido que tener en cuenta a la hora de realizar la sábana y el cursillo de verano. Además de las restricciones más importantes de cumplir. Se hará una mención especial a los profesores, alumnos, materias y aulas. Son también, conceptos importantes, que se describirán a continuación, algunos de los diferentes softwares destinados a este propósito. Tras una breve descripción de varias de estas aplicaciones, este TFG se centrará en una de ellas para demostrar la valía y el buen uso, que se les podría dar a estas herramientas en el futuro.
- Capítulo 3: Se parte, en este tercer capítulo, incluyendo una breve descripción de la aplicación generadora de horarios elegida. Se pretenderá explicar el funcionamiento general de la aplicación además de sus principales características. Una vez finalizada esta etapa del tercer capítulo, se formulará matemáticamente el problema para futuras investigaciones venideras de ambos casos prácticos propuestos.
- Capítulo 4: En este apartado, se mostrarán los resultados obtenidos mediante la utilización de la aplicación elegida, se presentarán dos casos prácticos propuestos de manera detallada y explicando todas y cada una de las dificultades encontradas, así como los principales aspectos a tener en cuenta al usar este tipo de aplicaciones. Primero, se presentará el caso práctico de la sábana completa de los estudiantes de la Escuela Naval y posteriormente se realizará otro ejemplo, en este caso, más específico que el de la sábana. Este consistirá, en el desarrollo del cursillo de verano.

- Capítulo 5: En este apartado de conclusiones y líneas de futuro se planteará, la viabilidad de la implantación de una aplicación de estas características a la Escuela Naval de acorde a los resultados obtenidos en el anterior apartado. Este capítulo también se centra en orientar futuros trabajos destinados a completar o mejorar este TFG.
- Capítulo 6: En este último capítulo, se expondrán todas aquellas páginas de internet, y referencias, que se han consultado para llevar a cabo el presente TFG.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Situación actual

Como ya se ha comentado en la introducción, punto 1.2, la gestión de los horarios para los alumnos cursando este plan de estudios reviste cierta complejidad. Existen numerosas causas que explican esta dificultad, pero estas suponen las más importantes:

- Las condiciones particulares del profesorado, es decir, las asignaturas que imparta un solo profesor han de ser compatibles entre sí. Tanto si estas se imparten en lugares diferentes o no.
- Las condiciones particulares de las asignaturas. En este caso, se habrán de tener en cuenta, posibles laboratorios o prácticas que no podrán coincidir en fecha, lugar y hora. Esto afecta sobre todo a materias de diferentes cursos que resultan ser materias continuación de las otras o que simplemente materias que realicen actividades con programas parecidos.
- Las condiciones particulares de las aulas, pues es totalmente necesario realizar una distribución justa en aquellas aulas con softwares especiales, o en aquellas aulas de laboratorio. Se deberán repartir de manera que cada asignatura obtenga el número de horas necesario para llevar a cabo la actividad por la cual, requieran el aula en cuestión.

Con respecto a la gestión a día de hoy de los horarios en la Escuela Naval Militar se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a) El personal encargado de realizar la sábana escolar utiliza como principal programa el Microsoft Excel. Estas personas son principalmente el Subdirector del Centro Universitario de la Defensa, y un Mando de la Jefatura de Estudios en funciones de Secretario de Estudios de la ENM. Además, son estas personas las responsables de llevar a cabo la fusión de este plan de estudios para así lograr un solo horario, tal y como aparece en la Figura 2-1, donde se aprecia asignaturas tales como Táctica Naval III y Oficina Técnica representando ambas ramas como un solo plan de estudios.
- b) En este Excel que realizan, se crean los calendarios para cada uno de los grupos que conforman cada uno de los cinco cursos que integran la Escuela Naval Militar. En

ellos se contemplan, además de los horarios de teoría y prácticas, también las aulas, los profesores y los periodos en los que se imparten las clases.

- c) Para cada día de la semana se representarán para los 8 o 7 grupos todas las clases que tienen que cursar durante los 8 periodos de clase que se dan por día.

CURSO 2017-2018 PRIMER CUATRIMESTRE		CUERPO GENERAL						INFANTERÍA MARINA	
		AF (CGA) PROM. 418						AA (CIM) PROM. 148	
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	IM	
LUNES	0830-0920	TÁCTICA NAVAL III G1G2G3 CC_FERNANDEZ 1		SIST. ARMAS TIPO NAVAL II G4G5G6 CC_LOPEZ 2		OPERACIONES ARMAS C II CTE_IGLESIAS 8			
	0925-1015	SIST. ARMAS TIPO NAVAL II G1G2G3 CC_LOPEZ 1		TÁCTICA NAVAL III G4G5G6 CC_FERNANDEZ 2		OPERACIONES ARMAS C II CTE_IGLESIAS 8			
	1035-1125	Oficina Técnica G1G2G3G4 Rela 1				Sistema de Control y Sensores Navales G5G6IM Rela 2			
	1130-1220	Sistema de Control y Sensores Navales G1G2G3G4 Rela 1				Oficina Técnica G5G6IM Rela 2			
	1225-1315	Replicación de Informes G1G2 Rela 1		Oficina Técnica G3G4 Rela 3		ESTUDIO	ESTUDIO	Rela 4 IM AULA 8	
	1330-1420	EDUCACIÓN FÍSICA							
	1555-1645	SIMTAC G1G2G3			Sistema de Control y Sensores Navales G4G5G6 Rela 1B		Rela 4 IM Rela Informes 12		
	Sistema de Control y Sensores Navales G4G5G6 Rela 1B				Rela 4 IM Rela Informes 12				
	1650-1740	ESTUDIO		ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO
	1830-1930	ESTUDIO		ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO
	1930-2030	ESTUDIO		ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO
	2030-2130	ESTUDIO		ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO
2130-2230	ESTUDIO		ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	ESTUDIO	

Figura 2-1 Horario AF. Lunes

2.2 Descripción del problema de generar la sábana completa

En este primer apartado introductorio, se presentarán en primer lugar las características generales de la sábana. Además, se describirán de manera detallada las necesidades que este horario ve necesario que se cumplan, así, como gran parte de los problemas que surgen debido a la gran dimensión que adquiere el horario en cuestión.

2.3 Sábana de alumnos

La sábana de los alumnos de la Escuela Naval Militar viene anualmente detallada y explicada en la programación escolar del curso que corresponda, el de este año, el del 2017-2018. Esta programación se acepta cada año. Este año se acepta mediante la resolución 455/10840/17, del Subsecretario de Defensa. La resolución aprueba el calendario para el curso académico correspondiente a la enseñanza de formación para el acceso a las Escalas de Oficiales de la Armada.

La sábana de alumnos consta de 5 brigadas o cursos en los que se dividen las asignaturas correspondientes al Grado de Ingeniería Industrial de la Rama Mecánica (4 años) con las asignaturas específicas militares que se han ido impartiendo en la Escuela Naval desde su propia creación. Esto genera una gran sábana que contempla todos y cada uno de los grupos en los que se dividen cada curso tal y como se indicará más adelante, punto 2.4.2.

El sistema que se propone no está establecido y viene a suponer un alivio para el responsable de realizar el horario además de suponer una herramienta más capaz y veloz que la usada hasta ahora. Es necesario y beneficioso una actualización que mejore lo que se ha venido haciendo hasta este momento. Es por ello que este TFG tratará de proveer una solución. Para ello previamente a realizar los dos casos prácticos propuestos, será necesario definir las características más importantes.

2.4 Características generales de la sábana escolar

Para ser capaces de proveer un horario de acorde al que necesita la Escuela Naval Militar ha sido necesario una serie de reuniones para dejar claro aquellas necesidades que la sábana objetivo ha de cumplir. Este punto del TFG se encargará de definir las características más importantes de cada brigada, así como de definir las demás variables importantes, como las materias, aulas y profesores que se tendrán en cuenta en la sábana.

2.4.1 Tipos de semana en la sábana

En la Escuela Naval Militar se utilizan dos diferentes tipos de semana, existe la semana tipo A, y la semana tipo B. Este método se utiliza en la Escuela, pues resulta un modelo muy útil y flexible de manera que no todas las semanas son iguales. Además, resultaría poco eficiente con la carrera que se imparte en la Escuela Naval utilizar semanas iguales debido a la gran variedad de actividades que se realizan.

2.4.2 Cursos y grupos

Son cinco los cursos que estudian en la Escuela Naval Militar, de primero a quinto, cada curso recibe clases tanto de profesores universitarios como de profesores militares. Dentro de cada curso es donde comienzan a surgir restricciones. Debido al deseo de que las clases no estén muy saturadas de alumnos, la Escuela Naval Militar plantea la necesidad de dividir las brigadas en grupos. Los grupos se forman normalmente de manera alfabética y se pretende así que cada clase no tenga demasiados alumnos para así poder aprovechar mejor las clases. Existen dos tipos de brigadas, las grandes, que se dividirán en 8 grupos, 6 de ellos de Cuerpo General, y 2 ellos de Infantería de Marina y las brigadas pequeñas que se dividirán en 6 de Cuerpo General y solo 1 de Infantería de Marina.

2.4.3 Horas por asignatura específica militar

Aquí radica uno de los mayores problemas a la hora de generar un horario. Se ha de seguir el método de los créditos que se usa a nivel universitario. Las asignaturas de Título de Grado por lo tanto no plantean ningún problema, la traba surge a la hora de dar con la equivalencia en créditos de las asignaturas del Título de Grado. Para la realización de este TFG se ha seguido de manera estricta el cómputo global de horas totales que a cada asignatura corresponde según la Programación Escolar del Curso 2017/2018.

2.4.4 Horas por asignatura del Título de Grado

Las asignaturas del Título de Grado se dividirán en las de 6 créditos y las de 9 créditos. Dado que la Escuela Naval utiliza dos diferentes tipos de semana, la A y la B, las horas se dividirán de la siguiente manera:

- Las asignaturas de 6 créditos tendrán dos horas de teoría todas las semanas sin excepción. Además, deberán tener un seminario de una hora o bien la semana A o la B, y una sesión de laboratorio de dos horas que tendrá lugar en la semana en la que el seminario no se imparta. Esta restricción también involucra a los grupos de clase, pues todos los grupos de clase de una materia específica deberán tener todos los seminarios en la misma semana y lo mismo sucede para las sesiones de laboratorio.

- Las asignaturas de 9 créditos tendrán más horas que las de 6, estas tendrán tres horas de teoría todas las semanas, además, también tendrán una hora de seminario todas las semanas y una sesión de laboratorio todas las semanas.

2.4.5 Distribución de las clases

Dependiendo de lo expuesto en el anterior subapartado, para cada tamaño de brigada se asocia una diferente distribución de clases. Las diferencias son las siguientes:

- Para las brigadas pequeñas, las clases de teoría se impartirán en dos clases esencialmente. Los grupos del 1 al 4 formarán la primera clase, y los grupos 5, 6 e Infantería de Marina formarán la otra. En cuanto a los seminarios, formatos de clase más pequeñas que las de teoría, se darán por parejas de grupos, es decir, grupos 1 y 2, 3 y 4... etc. Finalmente, las clases de laboratorio de 2 horas de duración, se impartirán con tres grupos formando la clase, 1,2 y 3 serán la primera clase, 4,5 y 6 la segunda, y los infantes formarán la última clase.
- En el caso de que el curso sea numeroso, las clases de teoría seguirán igual que en las anteriores. Los seminarios se impartirán con un solo grupo formando la clase, y los laboratorios con dos grupos por clase.

2.4.6 Aulas disponibles

Para la confección del horario objetivo es necesario tener presente las aulas donde se impartirán las materias además de los laboratorios y de las aulas con ordenadores. Para evitar conflictos se seguirá la misma distribución de aulas que la que se usa en la Escuela a día de hoy. La única diferencia será que, para evitar conflictos, el programa deberá ser capaz de detectar si un aula está siendo ya utilizada o no. Esta será una gran ventaja que podrá aportar la aplicación elegida para futuros calendarios.

2.4.7 Profesores disponibles

Los profesores en la Escuela Naval Militar son una de las restricciones que menos afectan a la hora de generar el horario. Esto se debe a que existe un nutrido elenco de profesores tanto civiles como militares. Para el horario objetivo se procurará utilizar cuantos menos profesores como sea posible de manera que a la aplicación le cueste más generar la sábana.

2.5 Descripción del problema de programar cursillo de verano.

En este apartado se muestra el segundo caso práctico describiendo la situación actual del cursillo de verano, así como la problemática que genera y el tiempo que se malgasta tratando de encontrar un horario que cuadre con todos los alumnos involucrados.

2.5.1 Cursillo de verano.

Según la guía docente del Grado de Ingeniería que se imparte en la Escuela Naval, está contemplado para todos aquellos alumnos suspensos de una o varias asignaturas, la realización de un cursillo intensivo de antes de verano de duración aproximadamente de dos semanas. Los alumnos involucrados en esta actividad solo podrán cursar hasta un máximo de 3 asignaturas debido en parte a una cuestión de tiempo y por otra parte para poder garantizar cierta eficacia en su realización

Durante el curso académico, los alumnos, en caso de suspender los exámenes de evaluación continua, que tienen contemplados al final cada asignatura, deben realizar una última prueba. Esta

prueba denominada Examen Ordinario, permite al alumno no presentarse al examen extraordinario en caso de aprobarla. En caso contrario, estos se encuentran en la obligación de asistir al ya nombrado cursillo. En este, los docentes de las asignaturas imparten un pequeño curso de ayuda para aquellos suspensos de sus asignaturas.

En la Escuela Naval Militar, el porcentaje de alumnos suspensos que se evalúan en agosto es reducido comparado con una universidad común. De todas formas, suponiendo 15 alumnos suspensos por curso, el número de suspensos se convierte en relevante a la hora de programar el cursillo de verano. Se ha de procurar meter a todo aquel alumno, sea del curso que sea, en su respectiva clase, para ello docentes y alumnos han de tener un horario bien programado y suficientemente flexible capaz de ser modificado si fuese necesario.

Una vez descrito el segundo caso práctico es necesario proceder a definir los requisitos o necesidades que se plantean cuando se procede a realizar el horario del cursillo de verano, así como las restricciones más importantes que se han debido de implantar en la aplicación para poder así, realizar el calendario sin ningún error.

2.6 Requerimientos del cursillo de verano.

Debido a que las características generales de la sábana escolar no disciernen con las del cursillo de verano, este aparatado se basa únicamente en las necesidades más importantes a la hora de establecer el horario final de calendario de verano. Se hará un especial hincapié en el porqué de su importancia y en la manera de corregirlas para conseguir el horario definitivo.

2.6.1 El máximo de asignaturas suspensas a cursar.

La primera de las obligaciones para poder realizar el horario es determinar el máximo de asignaturas que los alumnos suspensos podrán cursar. Esta obligación no obedece a la falta de recursos de materiales sino a la necesidad de que la relación de horas de clase y horas de estudio sea lo más próximo de uno a uno.

Dado que la duración del cursillo de verano está parcialmente acotada, este no se puede alargar demasiado en el tiempo. La Escuela Naval en su apretada agenda escolar contempla además del ya mencionado cursillo, el embarque de fin de curso de los alumnos, impidiendo así que el cursillo de verano pueda extenderse demasiado.

Así pues, el máximo de asignaturas a cursar deberá ser de tres independientemente de las materias suspensas de cada alumno. Un alumno, en caso de suspender más de tres asignaturas para agosto, deberá elegir que asignaturas cursar para quedarse finalmente con solo esas tres.

2.6.2 Asistencia obligatoria a las clases suspensas.

Los alumnos suspensos habrán de acudir a todas sus clases, así pues, el horario deberá poder asumir todas y cada una de las asignaturas suspensas por todos aquellos alumnos suspensos. Como se detalla en el punto 2.6.1, el máximo de asignaturas suspensas será de tres. Cada alumno deberá poder cursar todas sus materias sin que estas coincidan en fecha y hora para que así no existan trabas para que el alumno pueda asistir a clase.

2.6.3 Horas de clase por cada crédito suspenso.

Queda establecido tras haber tenido en cuenta el periodo de tiempo disponible y la cantidad de asignaturas suspensas que el número de horas destinadas para cada asignatura será de 7 horas por cada 3 créditos suspensos. Así pues, se obtiene que para la mayoría de asignaturas que se cursan en el Grado de Ingeniería Mecánica del Centro Universitario de la Defensa, el número de horas a recibir será de 14 horas, quedando en 21 horas para aquellas asignaturas especiales de 9 créditos como por ejemplo Ingeniería Grafica del primer curso.

2.6.4 Comenzarán el cursillo aquellas materias del primer semestre.

Siempre que sea posible, se deberá comenzar el cursillo de verano con las asignaturas del primer cuatrimestre para así tener más tiempo para preparar aquellas asignaturas recién suspensas del último periodo del curso.

2.6.5 Duración de cada clase.

Para tratar de aprovechar mejor cada hora del horario, se impone que cada clase de cada asignatura deberá durar dos periodos siempre que sea posible.

2.7 Sistemas advanced planning and scheduling (APS).

Los sistemas APS [2] son procesos que administran materiales y su capacidad de cumplir con la demanda. Los APS se encargan de realizar planificaciones simultáneas de stock y producción basados en los materiales disponibles. En este TFG, se encargan de ofrecer beneficios tales como mejorar el servicio de planificación de horarios, eliminar tiempos muertos innecesarios y optimizar el tiempo en general.

Los sistemas APS son las mejores alternativas que disponen las empresas que necesitan sistemas de planificación avanzada. En este caso específico para la ENM.

Métodos para elegir un determinado sistema APS:

1. Buscar producto con nombre y aprobado en otros centros.
2. Buscar la mejor relación calidad precio de acorde a las necesidades del centro.
3. Comprobar su posible correcta integración con otros sistemas del centro.
4. Determinar cómo se realizará la implementación en el centro.

Debido a que los sistemas APS [3] también se definen como cualquier programa capaz de usar matemática avanzada mediante algoritmos o sistemas de optimización para conseguir materializar horarios de manera ágil y eficiente. Este TFG a la hora de investigar sobre posibles aplicaciones destinadas a este propósito no está haciendo otra cosa, que investigar la implementación de un sistema APS a la ENM-CUD.

2.7.1 Aplicaciones destinadas a generar horarios.

El generar horarios manualmente es una difícil responsabilidad que consume grandes cantidades de tiempo. Este TFG se propone analizar algunos de los softwares [4] [5] más importantes capaces de realizar horarios automáticamente y una vez analizados, se escogerá uno de ellos para realizar dos casos prácticos y comprobar su funcionalidad.

2.7.1.1 GHC Horarios-Peñalara

Programa de software usado para generar, organizar y definir horarios. Utiliza un motor de cálculo capaz de resolver automáticamente los problemas más comunes a la hora de realizar calendarios. Es capaz de asignar de manera automática los problemas de elección de aulas, asignaturas y profesores. El GHC Peñalara, [6] no solo encuentra una solución, sino que, además, es capaz de optimizarla cumpliendo las restricciones impuestas previamente. Este complejo software se compone de tres elementos claramente diferenciados:

1. Planificador: es en este elemento donde se configuran todas las opciones que se necesitan para realizar el horario, es decir, profesores, aulas, grupos de alumnos...

2. Motor: Este se considera como uno de los elementos más importantes pues es el encargado de buscar de manera automática todas las combinaciones posibles que cumplan con las condiciones que se hayan establecido. Es importante remarcar que se debe ponderar cada restricción que se le meta al programa, para que sea el programa el encargado además de optimizar el calendario.
3. Editor: Es posible gracias a este elemento cambiar al gusto de cada uno las distintas vistas del horario, Figura 2-2. Adicionalmente, permite modificar variables no fijas para crear un horario más a la medida de cada uno.

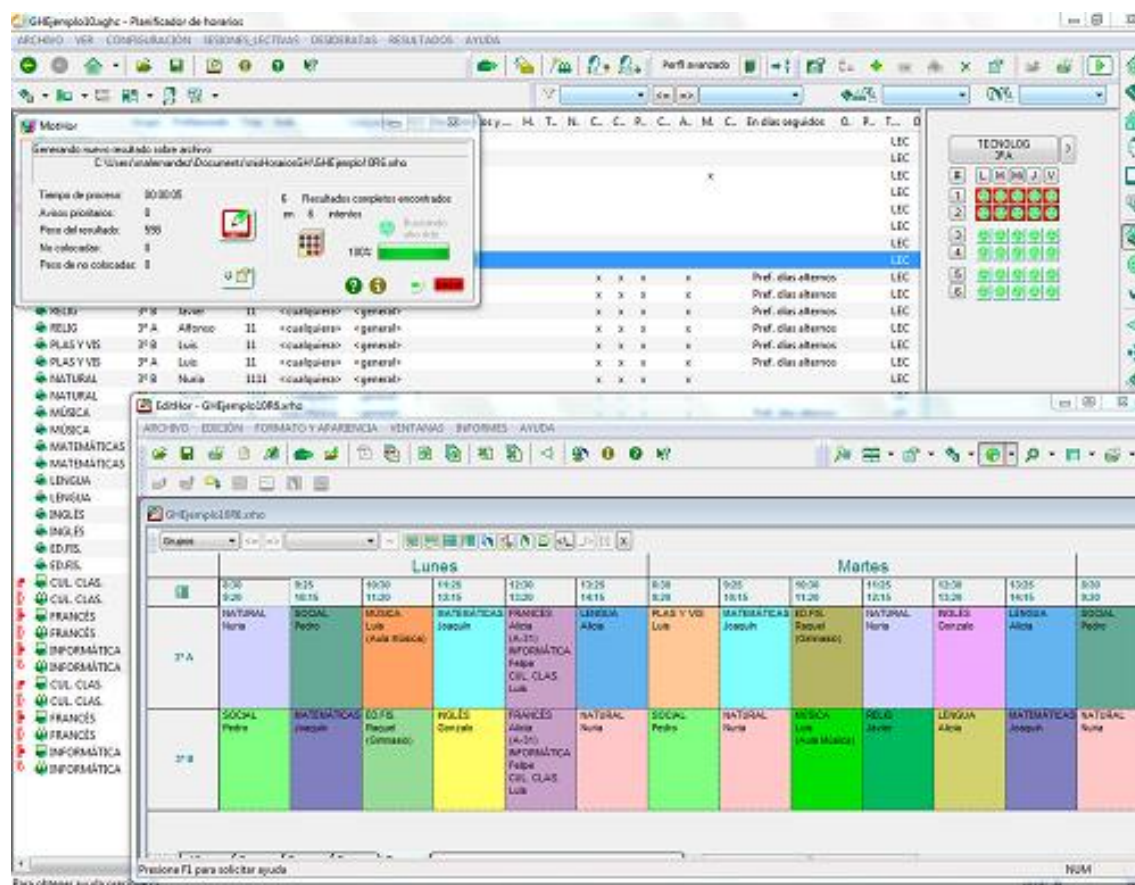


Figura 2-2 GHC Peñalara

Dado que existen diferentes versiones, los presupuestos están detallados en la siguiente Tabla 2-1.

Datos	DEMO	Suscripción Anual	Adquisición de la Licencia
PRECIO	0 €	154 €	539 €
VERSION	Gratuita	Uso del programa durante un año	Permanente
MAXIMO	10 profesores	10 licencias	10 licencias
FUNCIONALIDAD	Completa	Completa	Completa

PERMISOS	No uso comercial	Soporte técnico	Soporte técnico
TIPO DE LICENCIA	Prueba	Actualizaciones	Actualizaciones

Tabla 2-1 Presupuestos GHC Peñalara

Se aprecia en la tabla que el programa dependiendo de la versión posee unas u otras características. Es importante recalcar que se podría utilizar la versión demo gratis para hasta solo 10 profesores, por tanto, no sería viable generar el horario de la Escuela Naval mediante este software en esta versión. Aun así, demuestra ser uno de los softwares más capaces del mercado por sus excelentes características.

2.7.1.2 Matriz DAFO GHC Peñalara

El GHC Peñalara supone una buena opción como posible software generador de horarios. Posee muchas buenas características que hacen de él, una notable opción para la ENM-CUD. Al igual que posee grandes características, se trata en este apartado de conseguir una visión general sobre los aspectos positivos y negativos que este programa podría ofrecer. Para ello, se utiliza la matriz DAFO, Figura 2-3, en ella, se indicarán de manera general aquellas debilidades, oportunidades, amenazas y fortalezas que más resaltan.



Figura 2-3 Matriz DAFO GHC Peñalara

2.7.2 FET Generador de Horarios Libre

Esta aplicación de software libre [7] y de código abierto para generar horarios académicos usa un algoritmo de programación de horarios rápido y eficiente. Su funcionamiento no dista demasiado de los demás softwares de pago, consiste en definir todas variables, tiempos, profesores, materias y aulas. Una vez estas están definidas, se procede a crear las actividades, es decir que profesor imparte que materia y en que aula y a qué hora. FET nos permite también definir una serie de condiciones o restricciones para conseguir definir mejor el horario en cuestión.

Esta aplicación una vez se ha terminado todo este proceso genera automáticamente un documento HTML de manera que resulta muy cómodo poder colgarlo a la red.

FET es un software vivo (Figura 2-4), es decir, nuevas versiones van apareciendo de manera que se actualiza de los posibles errores que pudiera tener la versión anterior.

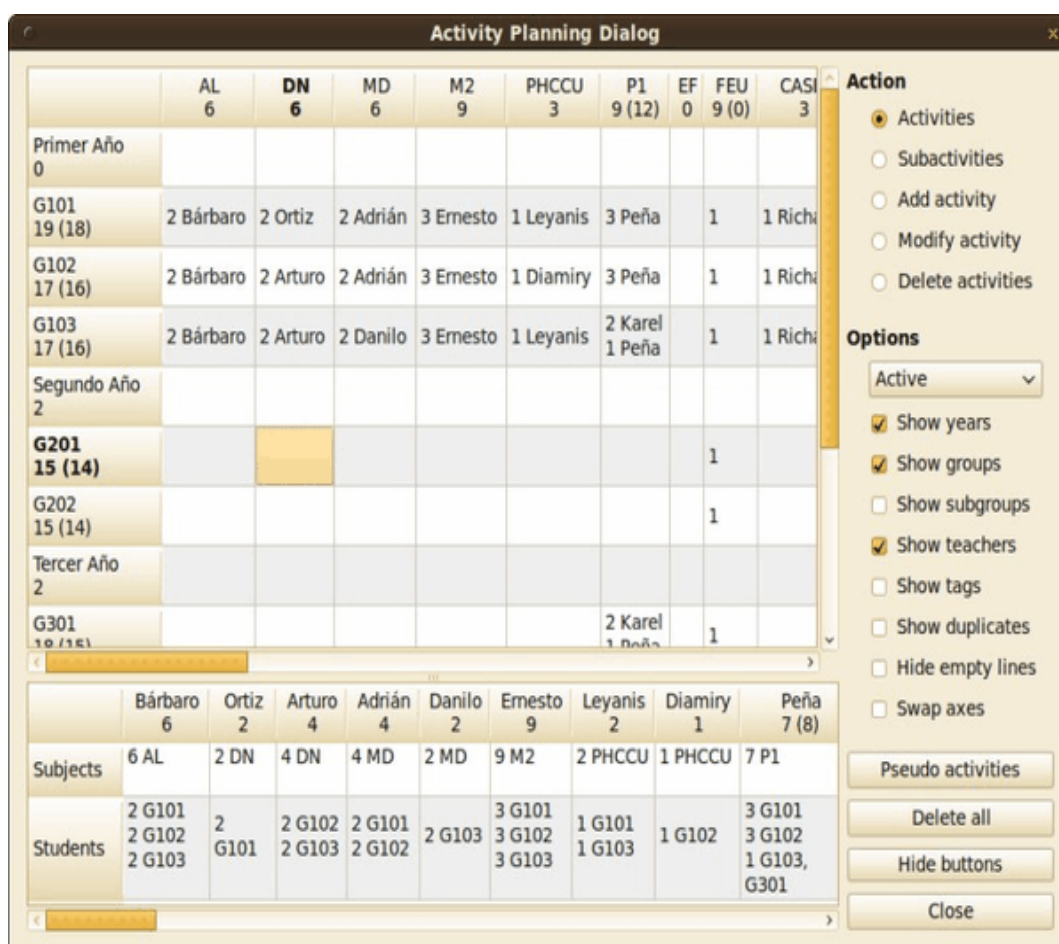


Figura 2-4 FET Generador de Horarios

2.7.2.1 Matriz DAFO FET Generador de horarios

El software libre FET Generador de Horarios supone una excelente oportunidad, existen muy pocos softwares libres tan potentes como este, aun así, no alcanza todavía las capacidades que sus homónimos de pago. La Escuela Naval necesita a día de hoy, un programa muy potente capaz de solventar los problemas que se generan a la hora de realizar los horarios, así que, por el momento, quizás este software no sea el indicado. Se realiza una Matriz DAFO, Figura 2-4, de forma que se señalan de manera general sus principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.



Figura 2-5 Matriz DAFO FET Generador Horarios

2.7.3 Horw

Aplicación software, Figura 2-6, que se dedica a realizar horarios de manera automática. Trabaja tanto desde el punto de vista práctico, como del análisis teórico de las numerosas posibilidades de materialización de un horario [8].

Esta aplicación más compleja que el resto de aplicaciones admite numerosas restricciones tanto de las asignaturas (Tabla 2-2 Características), como de los profesores (Tabla 2-3). Estas, son las variables en las que se basa el programa para generar el horario. Este software, además, reconoce aulas y es capaz de encargarse de su asignación automática, o dejar al cliente seleccionarlas a su antojo.

Una vez introducidos todos los datos, Horw como algunas otras aplicaciones cuenta con la opción de prueba de horario. Esta opción permite al programa descartar de inicio cualquier error que haría incompatible la correcta resolución del horario. Una vez se pasa la prueba y todas las variables están correctamente establecidas, el programa genera el horario con los datos introducidos anteriormente.

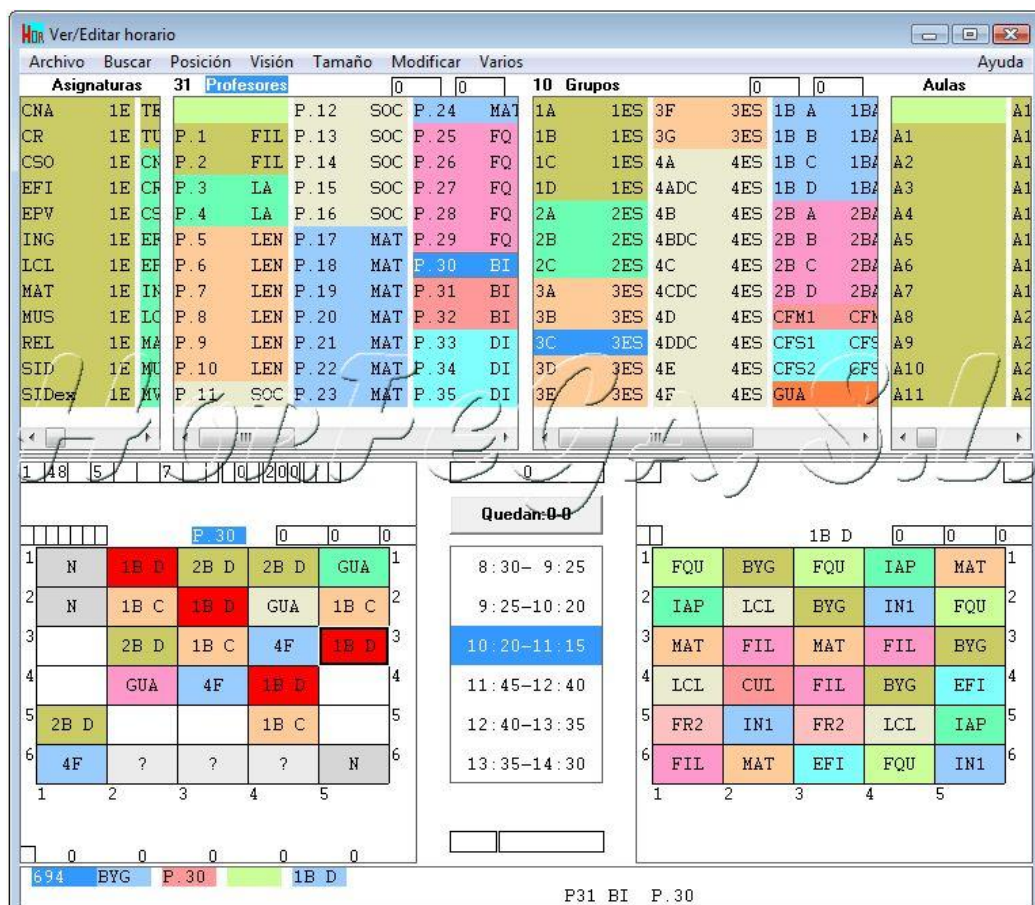


Figura 2-6 Ejemplo Horw

Condición

Valores/Utilidad

Preferencias Para indicar casillas horarias en las que no se puede impartir la asignatura.

Formato Semanal, con hasta 15 horas de clases diarias.

Escalonamiento Por horas o franjas semanales

Complementarias Para diferenciar las horas complementarias de las lectivas para cada profesor.

Separación Permite incluir recreos o huecos de descanso.

Distancia Distancia mínima entre la última clase de la asignatura un día y la primera del siguiente día.

Dificultad Para limitar el máximo número de clases difíciles por día.

Alternadas Para evitar o forzar colocar asignaturas de más de una hora en días consecutivos

Posterior Para imponer que una asignatura vaya después de otra.

Tabla 2-2 Características Asignaturas

Condición	Valores/Utilidad
Preferencias	En un cuadro horario, pudiéndose indicar casillas horarias en las que no se puede que imparta clase el profesor.
Casillas ocupadas	Casillas en las que se quiere que el profesor imparta clase.
Días de clase	Número de días a la semana.
Mínimas y máximas clases	De horas lectivas al día.
Días completos	Máximo número de días con clase en la mañana y en la tarde.
Mañanas y tardes libres	Mínimo número de días con mañanas o tardes libres.
Máximas clases parciales	Máximas casillas ocupadas en las franjas horarias que determinen cada día
Sesiones de huecos	Para tener en cuenta o no los huecos entre la mañana y la tarde.
Máximos módulos al día	Para limitar el máximo de horas lectivas más complementarias en cada día de la semana
Horarios iguales	Para poder poner igual horario a varios profesores

Tabla 2-3 Características Profesores

Versión	Precio
General completa	748.99 €
Limitada (20 grupos)	463.43 €

Tabla 2-4 Presupuesto Horw

Tal y como se observa, Tabla 2-4, solo existen dos versiones del programa. En principio el presupuesto no supondría un gran problema, quizás si la complejidad del programa. Se descarta como aplicación elegida, debido a que no oferta versión demo donde poder probarla.

2.7.3.1 Matriz DAFO Horw

Se pretende realizar el mismo proceso que el realizado con los programas GHC Peñalara y el FET, mediante una Matriz DAFO, Figura 2-7, se indicarán de manera general las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas más importantes.



Figura 2-7 Matriz DAFO Horw

2.7.4 Asc Horarios

Asc Horarios es la aplicación elegida por diversos motivos. Forma parte del grupo de los softwares más económicos de entre las aplicaciones comerciales de pago que permiten realizar las funciones que la Escuela Naval necesita. Además, aparte de ser una de las aplicaciones que mejores reseñas tiene por parte de clientes satisfechos con el software en general, es la aplicación más sencilla de manejar y requiere muy pocos o nulos conocimientos informáticos. Adicionalmente, es importante añadir que es la única que satisface todas las necesidades del horario de la Escuela Naval en la opción demo.

Asc Horarios es una aplicación generadora de horarios automáticos. Funciona mediante un algoritmo que itera hasta dar con un horario cualquiera que cumpla todas las condiciones previamente descritas. Se basa en 4 variables fundamentalmente que son los profesores, las aulas, las materias y los alumnos.

	Escuelas Elementales	Estándar	Premium	Pro
Precios	399 €	499 €	995 €	3995.95 €
Características	Precio especial para colegios primaria	Posibilidades ilimitadas para la creación de horarios	Con asistencia Premium	Asistencia Premium además de horarios especiales para alumnos individuales

Tabla 2-5 Presupuesto Asc Horarios

Asc Horarios posee una gran variedad de precios y versiones (Tabla 2-5), los cuáles, se podrían adaptar a la Escuela Naval Militar. La ventaja de que la versión estándar posea todas las características de las versiones más económicas es un factor a tener en cuenta. Se escoge Asc Horarios por ser la aplicación que más facilidades pone a la hora de utilizar su aplicación demo, por ser considerada la más sencilla y lógica de utilizar y porque posee una gran colección de restricciones y características útiles que se pueden usar para el horario de la ENM.

2.7.4.1 Matriz DAFO Asc Horarios

Por último y al igual que con sus homónimos se empleará una Matriz DAFO, Figura 2-8, para señalar las características generales del programa.



Figura 2-8 Matriz DAFO Asc Horarios

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 Descripción de la Aplicación Asc Horarios

En este apartado se exhibirán varias de las ventajas que aporta la aplicación Asc Horarios, así como, los aspectos generales que la aplicación posee. Además, se ejecutará como ejemplo explicativo uno de los posibles horarios del cursillo de verano de segundo curso.

3.1.1 Aspectos generales de Asc Horarios

Asc horarios es una aplicación que ofrece de manera simple y sencilla la generación de horarios automática, así como la planificación de todo el curso académico. Los usuarios destinados a trabajar con esta aplicación, no han de tener que ser expertos en informática, pues esta aplicación, ofrece una atmosfera de trabajo sencilla y fácil de interpretar. Además, posee una página en internet [9] donde expone los principales problemas que se encuentran y su resolución.

Algunas de las características que hacen de esta aplicación muy útil y flexible son:

- Como ya se ha comentado, la generación automática es un factor determinante pues permite ahorrar mucho tiempo. Además, asegura que se cumplan todas y cada una de las restricciones preestablecidas.
- Ajustes manuales, que permiten a la aplicación hacer cambios en el horario incluso una vez realizado. Esta es una característica muy útil pues se pueden realizar los cambios a mano. De esta manera, el resultado queda finalmente como se pretendía.
- Verificación del horario automáticamente por el algoritmo del que se basa la aplicación.
- Introducción de datos para el horario sencilla y lógica. Además, cuenta con un panel de autoayuda clave para ciertas ocasiones en las que no se sabe cómo proceder.
- Permite, además, poder bloquear asignaturas en ciertos huecos de manera que por mucho que se genere un nuevo horario automático, estas asignaturas no se moverán.
- Existe una opción que permite añadir una gran serie de restricciones a cualquier asignatura, Figura 3-1 Restricciones Asignaturas Figura 3-1.
- Cuenta también con numerosos ejemplos de calendarios demo de manera que se pueden usar o seguir como guía, Figura 3-3.

- Adicionalmente, cuenta unos pasos intermedios a la generación final de los horarios que suponen una opción prueba, Figura 3-2Figura 3-2 Opción de Prueba, y una opción de verificación. Estas dos opciones ayudan a asegurar de que el horario en cuestión, no posea fallos importantes, o comprueba que se hayan implementado bien los datos establecidos.

Figura 3-1 Restricciones Asignaturas

Figura 3-2 Opción de Prueba



Figura 3-3 Ejemplo Demo Asc Horarios

3.1.2 Recreación de la generación de un horario cualquiera

En este apartado se generará un horario tipo de manera que permita explicar el correcto funcionamiento de Asc Horarios. Para ello se explicarán detalladamente los pasos a seguir para su generación. Se partirá de un caso simple, Tabla 3-1, se supondrán 15 alumnos con entre 2 y 3 asignaturas cada uno, de esta manera, se demostrará que el programa es lo suficientemente flexible para desarrollar un horario no tradicional e individual. Todas las asignaturas aquí mostradas se corresponderán a las del 2º curso del Centro Universitario de la Defensa. Este caso es además, el propuesto para el cursillo de verano, capítulo 4.1.2.

Datos	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Alumno 1	Electrotecnia	Calculo	Inglés I
alumno 2	Termodinámica	Inglés I	Máquinas
alumno 3	Cálculo	Inglés I	Termodinámica
alumno 4	Electrotecnia	Inglés I	
alumno 5	Electrotecnia	Mecánica de fluidos	Máquinas
alumno 6	Electrotecnia	Termodinámica	Máquinas
alumno 7	Electrotecnia	Resistencia Materiales	
alumno 8	Electrotecnia	Inglés I	Máquinas

alumno 9	Electrotecnia	Termodinámica	Mecánica de fluidos
alumno 10	Cálculo	Mecánica de fluidos	
alumno 11	Electrotecnia	Termodinámica	Máquinas
alumno 12	Electrotecnia	Cálculo	
alumno 13	Electrotecnia	Termodinámica	
alumno 14	Electrotecnia	Termodinámica	
alumno 15	Cálculo	Máquinas	Resistencia Materiales

Tabla 3-1 Ejemplo Práctico

Una vez descrita la situación, se comenzará a rellenar paso a paso las indicaciones que la aplicación de Asc Horarios nos indica:

1. El primer paso, Figura 3-4, consiste en describir el centro educativo y definir la duración del horario. Se deberá rellenar el nombre del centro, y el ciclo escolar en cuestión. Otro aspecto que se pide consiste en describir el número de periodos que se impartirán por día lectivo, así como, la cantidad de días lectivos por semana que se impartirán clases. Existe la posibilidad también, de crear el horario con semanas diferentes unas de otras, es decir, el programa definirá la semana A y la semana B tal y como se realiza en la Escuela Naval.

Figura 3-4 Paso 1/7

2. En el segundo paso, Figura 3-5, el programa comienza a ser más específico. Se interrogan numerosos aspectos como si cada alumno posee un horario independiente o si el centro

utiliza diferentes horarios cada semana, por ejemplo. Esta serie de preguntas que realiza el programa pretenden descubrir aspectos importantes del centro. En caso de no conocer la respuesta el programa te permite redefinirlos más adelante. Es importante, el hecho de no contestar a todas las preguntas a no ser que se conozca la respuesta claramente. Si se contesta erróneamente una pregunta en este segundo paso de la aplicación, el horario generado al final, se verá afectado por estos fallos.

Asistente: Paso 2 de 7

Digáenos más de su escuela. Si no conoce todos los datos no se preocupe, podrá modificarlos más tarde:

	Los estudiantes se organizan en clases (grupos) que tienen los mismos períodos de sesiones diarios, se dividen en grupos: 6A, 6B, etc.	☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro
	Algunos o todos los estudiantes tienen horarios individuales basados en sus requerimientos	☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro
	Utilizamos Opciones: El Estudiante selecciona una asignatura de 5 posibles como Opción A. Pero estos 5 asignaturas se colocan en el mismo período en el horario.	☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro
	Tenemos varios edificios y los profesores tienen que moverse entre ellos. Algunos recesos podrían no ser lo suficientemente largos para que el profesor vaya a un edificio diferente.	☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro
	Tenemos diferentes horarios en diferentes semanas	☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro
	Enseñamos en más de 5 días (sábados o por ejemplo 8 períodos de día)	☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro

Previo **Siguiente** Cerrar

Figura 3-5 Paso 2/7

- El siguiente paso, Figura 3-6, consiste en definir las asignaturas a cursar. El programa permite poner una gran cantidad de asignaturas, colocando a cada una de ellas una abreviatura y un color. Estas abreviaturas son las que aparecerán en el horario final para no cargar el horario demasiado. Además, el programa contempla en que aulas o clases se deberán impartir las materias, además del número de la clase en caso de ser necesario. De todas maneras, no merece la pena adelantarse, pues la aplicación se encargará también, de contemplar las aulas que se usarán.

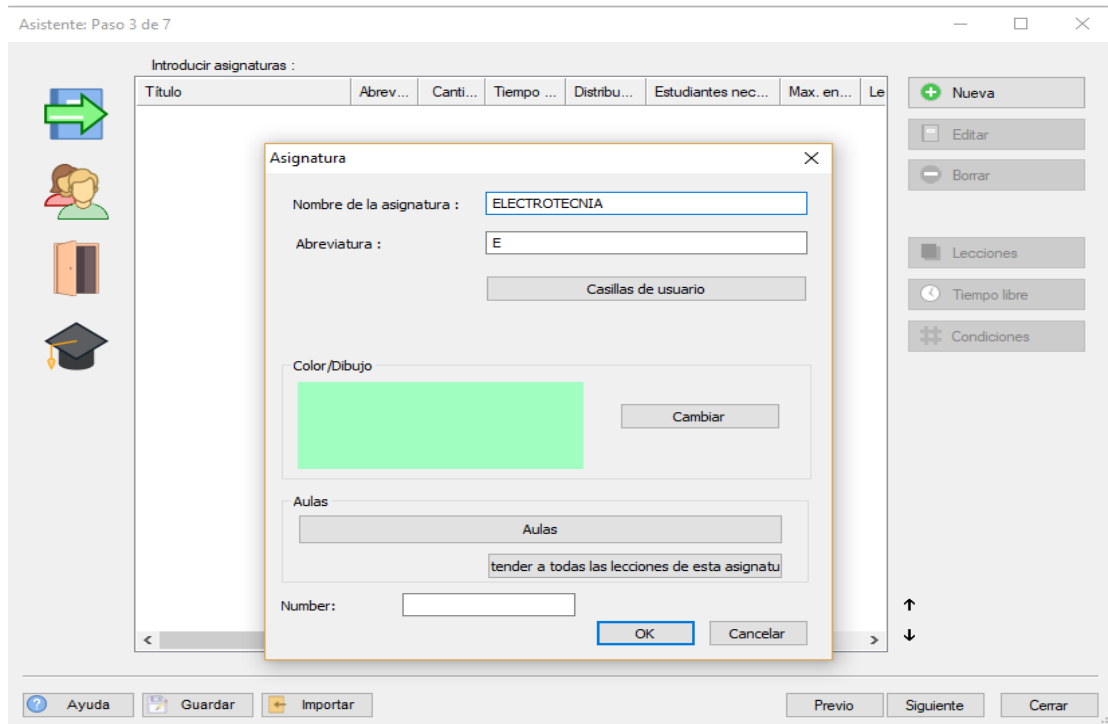


Figura 3-6 Paso 3/7

4. El cuarto paso, Figura 3-7, para crear el horario en cuestión se denomina “clases”, en este apartado, se deberán añadir los diferentes grupos de clase para el caso de querer realizar una sábana del curso, o en el caso del cursillo de verano, se procederá a crear tantos grupos como alumnos haya suspensos. Esto es debido a que el horario del cursillo de verano se trata de un horario individual e intransferible para cada alumno.

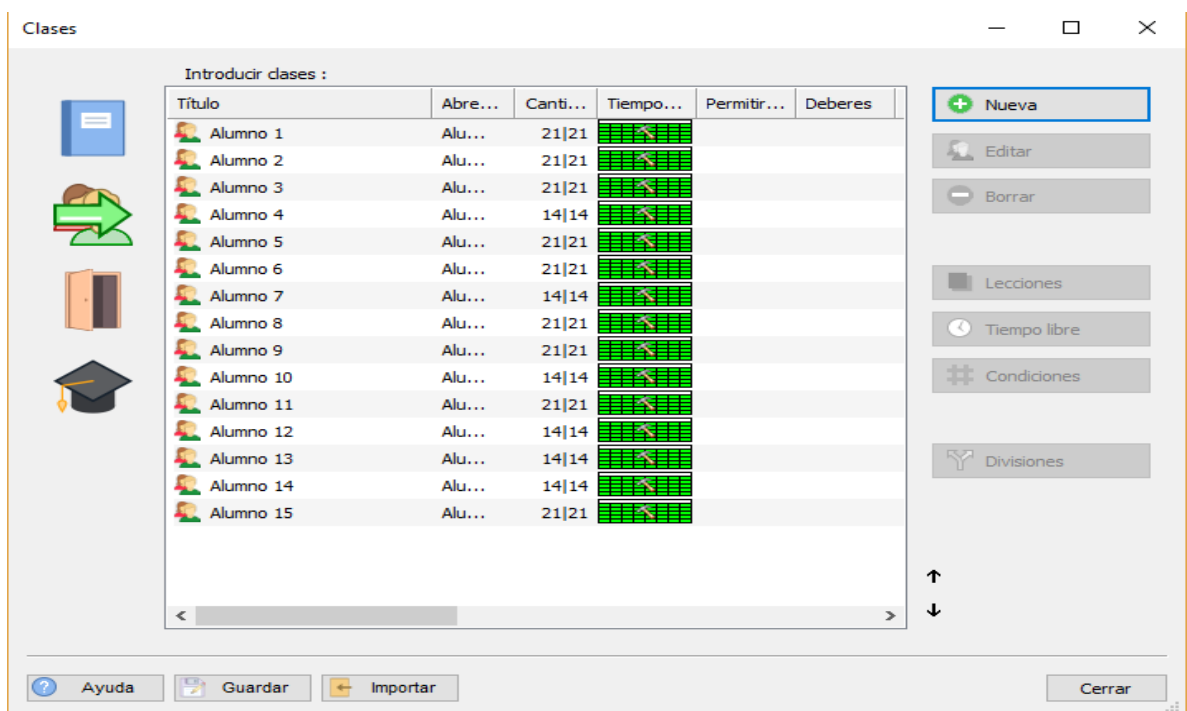


Figura 3-7 Paso 4/7

5. El quinto paso, Figura 3-8, se utiliza para dar a conocer las diferentes aulas en las que se impartirán las clases en cuestión. Este paso resulta realmente útil, pues existen clases en las que son necesarias aulas con ordenadores, otras en las que se requiere un laboratorio, etc... Se reflejará en cada periodo del horario la clase, el profesor que impartirá la materia y el aula en donde se desarrollará la asignatura. Es posible asignar más de un aula a cada clase de tal manera, que, si debido a las dificultades del horario cierto día una asignatura no puede impartirse en su aula habitual, el software jugará con las opciones que posea y le asignará otra aula automáticamente.

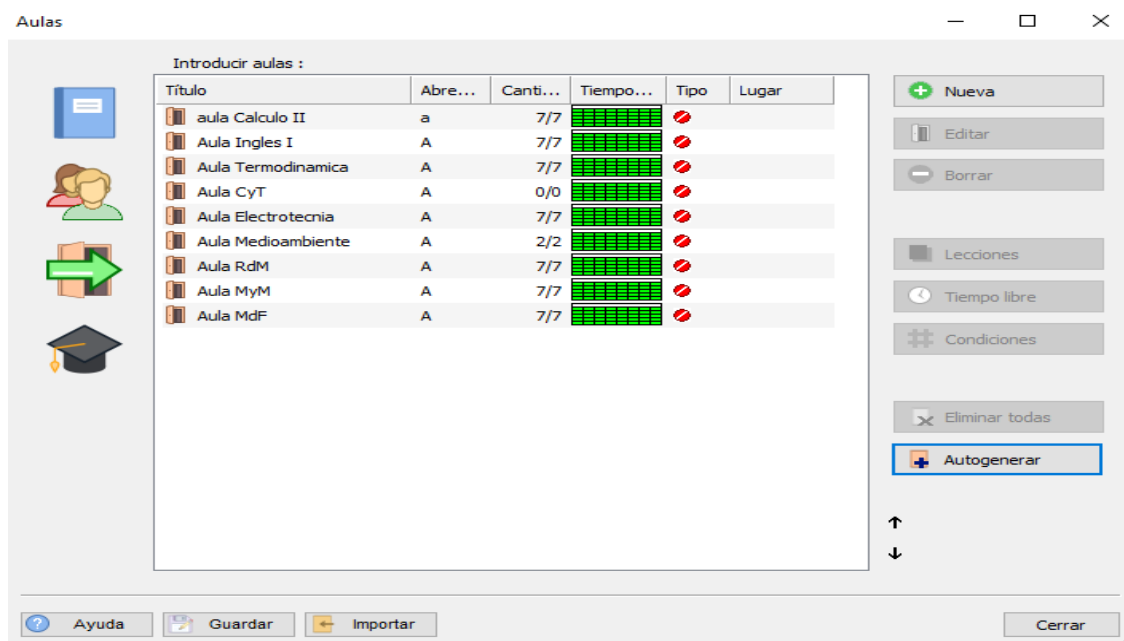


Figura 3-8 Paso 5/7

6. El sexto paso y uno de los más importantes, Figura 3-9, se hace cargo de los profesores. Este paso se centra al principio en la creación de todos los profesores implicados en las asignaturas. Después se centrará en concretar todos los datos de lo que la aplicación llama contrato. Esta aplicación, da una gran importancia a los profesores, pues son ellos los que imparten las lecciones, y el programa exige que sean ellos los que determinan a que alumnos o grupos de clase impartirán. Es en este paso, es en donde la aplicación nos permite modificar cuantas horas de cada asignatura impartirán, cuánto durará cada lección, y en que aula el profesor la impartirá. En los pasos anteriores se creaban los grupos o alumnos, las asignaturas y las aulas, y en este se juntan todos los datos para poder mostrarlos finalmente en el calendario.

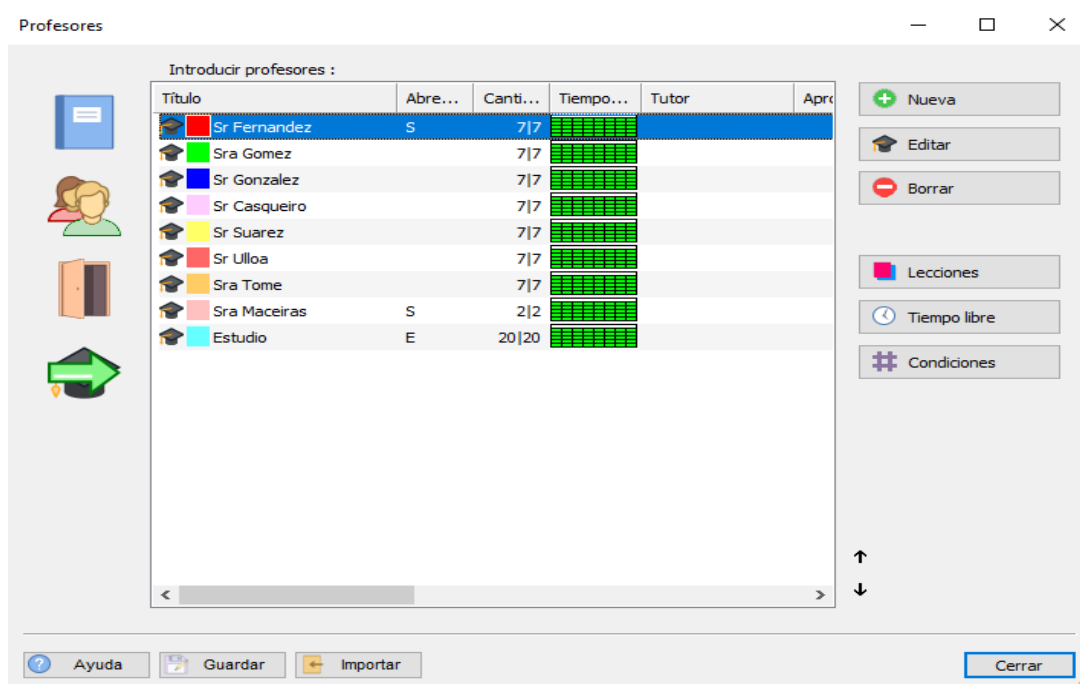


Figura 3-9 Paso 6/7

- a) Dentro del paso sexto, Figura 3-10, es necesario, para poder entrar en detalle en lo explicado anteriormente, lo que la aplicación denomina como “contrato del profesor”. Para ello es necesario entrar en la opción de cada profesor individualmente para poder establecer los datos previamente comentados. En el botón nueva lección, es donde, se debe trabajar para poder definir todas las actividades desempeñadas por el profesor

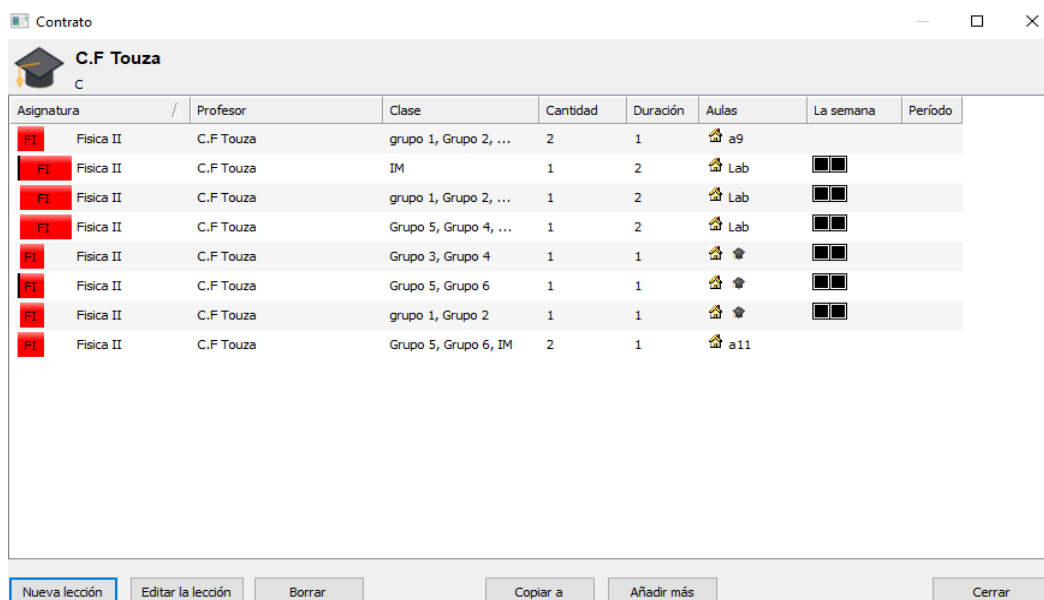


Figura 3-10 Contrato del profesor

7. Por último, el último paso (Figura 3-11), permite la posibilidad de introducir información extra sobre algún alumno o sobre alguna materia. Además, tras esto, la aplicación permite o bien realizar una rápida prueba para saber si hay algo importante que no se haya realizado, o bien realizar una generación de horario automática. La diferencia entre estas dos

opciones radica en el número de iteraciones que se realiza el programa para presentar el resultado obtenido.

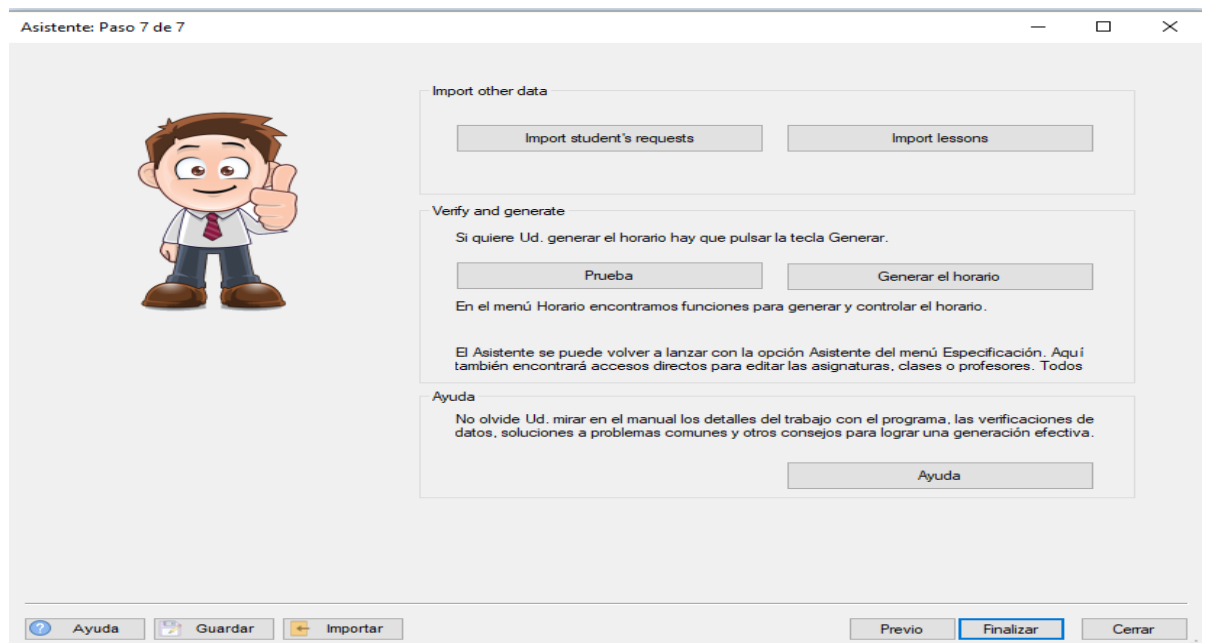


Figura 3-11 Paso 7/7

Dentro de la generación de horarios automática el programa permite también elegir qué tipo de generación de horario se desea, Figura 3-12. Existen tres tipos de complejidad de generación que se diferencian en el número de iteraciones que realiza el programa. Además, se puede definir cuán exigente habrá de ponerse la aplicación a la hora de tener en cuenta las restricciones descritas. Tras este proceso, el programa presenta el resultado de todas las acciones que se han ido realizando hasta llegar aquí, un ejemplo podría ser la Figura 3-13.

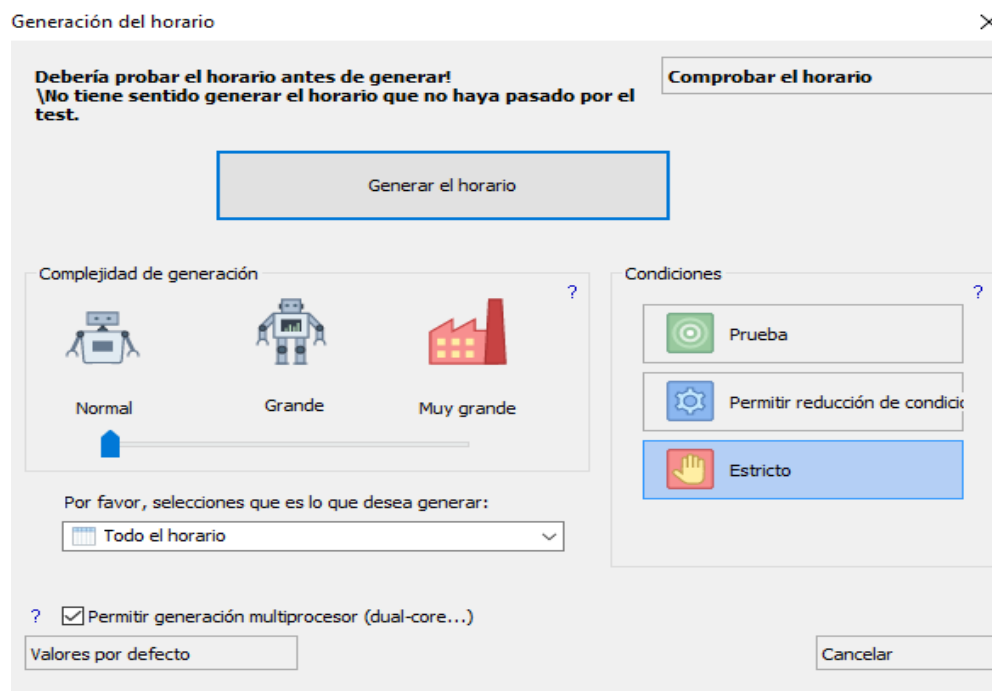


Figura 3-12 Generación de horario

	Lunes								Martes								Miércoles								Jueves								Viernes								
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
Alumno 1	CI				E		II				CI		II							II		E							CI		E						CI		II		E
Alumno 2				T		MyM		II		T			II		MyM		MyM				II							T					T				CI		II		MyM
Alumno 3	CI			T				II		T		CI		II							II							T		CI				T			CI		II		
Alumno 4					E		II						II								II		E								E						II		E		
Alumno 5					MyM		MdF					MdF		MyM		MyM					MdF		E							E					MdF		MyM		E		
Alumno 6			T		MyM					T				MyM		MyM							E					T			E		T				MyM		E		
Alumno 7				RdM		E							RdM									E						RdM			E					RdM				E	
Alumno 8					MyM		II						II		MyM		MyM				II		E							E						II		MyM		E	
Alumno 9			T																				E																E		
Alumno 10	CI							MdF				CI		MdF							MdF		E							CI						CI		MdF			
Alumno 11			T		MyM					T					MyM		MyM						E					T			E		T					MyM		E	

Figura 3-13 Ejemplo Cursillo verano

3.2 Formulación matemática para la sábana escolar

En este apartado se tratará el método a seguir para describir el problema de la generación de horarios de manera analítica [10] Se describirán de manera exhaustiva y objetiva los conjuntos, parámetros, variables, restricciones y función objetivo.

3.2.1 Conjuntos

- I : Conjunto de periodos de clase disponibles en un día.
- Cu : Conjunto de los cursos que reciben clases.
- F : Conjunto de días festivos en los que no puede haber clase.
- J : Conjunto de los profesores para cada materia.
- Di : Conjunto de recorridos estándar tomados por los profesores para llegar a sus aulas
- G : Conjunto global de días en los que puede haber clase.
- A : Conjunto de aulas disponibles por cursos.
- S : Conjunto de las asignaturas que se impartirán.
- E : Conjunto de horas de estudio que se impartirán.
- Ca : Define el año, el cuerpo del alumno y el grupo.

Sca : Conjunto de asignaturas que tiene cada grupo de clase para cada año, cuerpo y grupo.

Ssi : Asignatura s -ésima, en el periodo i -ésimo.

Sco : Conjunto de asignaturas a comprobar si la asignación es correcta.

3.2.2 Parámetros

c_uGs : Parámetro que relaciona cada asignatura con el curso y el grupo.

$c_u \in Cu, s \in S$

aCu : Parámetro que relaciona cada aula con el curso y el grupo.

$c_u \in Cu, a \in A$

pSC_{s1s2} : Parámetro que relaciona que asignaturas pueden coincidir en fecha y hora para cada grupo.

$s1, s2 \in S$

pSO_{s1s2} : Parámetro que indica que asignaturas no pueden coincidir.

$s1, s2 \in S$

pSC_{cn} : Parámetro que relaciona las asignaturas del mismo curso.

$cn \in C$

$pTests$: Parámetro binario que toma valor 1 si la asignatura se puede programar a una hora un día determinado

$s \in S$

$pOrgsI$: Parámetro que señala para cada día que asignaturas hay y en que turno.

$g \in G, s \in S, I \in I$

$pNoEr$: Almacena el número de errores que se han detectado al comprobar.

$pSolsi$: Parámetro que almacena fechas y horas en las que están programadas las asignaturas.

$s \in S, i \in I$

$pNoimax$: Máximo número de clases que un grupo puede tomar en un periodo de tiempo.

$i \in I$

3.2.3 Variables

X_{gsi} : Variable binaria que presenta la solución generada. Para cada día que clases hay.
 $i \in I, s \in S, g \in G$

S_{si} : Variable binaria que presenta para un solo grupo, si en una hora de clase, hay más de una materia que el cursa.
 $i \in I, s \in S$

y : Variable que muestra la suma total de días necesarios para el cumplimiento del programa

J : Variable que almacena la distancia recorrida por cada profesor para llegar a sus aulas.

3.2.4 Restricciones

- Que cada grupo pueda asistir a las clases que tiene sin que estas coincidan.

$$\sum_{i \in I} S_{si} \leq 1$$

$$i \in I, s \in S$$

$$\forall pSC_{s1s2} = 1$$

- Que cada clase este programada a una y solamente a una hora para todos los alumnos de esa asignatura.

$$\sum_{i \in I} X_{gsi} \leq 1$$

$$g \in G, s \in S$$

$$\forall pOr_{GSI} = 1$$

- Que la suma de las clases programadas en un espacio de tiempo sea menor o igual al máximo de clases que un alumno pueda tomar en ese periodo de tiempo.

$$\sum_{i \in I} X_{gsi} \leq pNoi_{max}$$

$$g \in G, s \in S$$

3.2.5 Función Objetivo

Debido a que este TFG solo se centra en dejar unas bases bien organizadas de la formulación matemática que entraña el complejo problema de la generación y optimización, la función objetivo para el caso práctico de la sábana escolar se dejará abierta para futuras investigaciones. Se plantean las siguientes posibilidades:

1. La cantidad de días necesarios para las clases programadas se almacena en la variable y , y el objetivo es lograr minimizar al máximo ese tope de días. Así pues, la función objetivo resultante queda de tal manera:

Min y

2. La distancia recorrida por los profesores podría ser minimizada de manera que se ahorraría tiempo. Existen a día de hoy clases en las que o bien el profesor o bien los alumnos llegan tarde a clase, perdiendo valioso tiempo debido a una organización que dota de menos importancia a estos casos sobre otros.

Min J

3.3 Formulación del modelo del cursillo de verano

En este apartado se tratará específicamente la formulación para el cursillo de verano. Se puede considerar un caso más específico que la sábana por lo que partirá de parámetros similares. En este modelo no se hablarán de los profesores, ni de las aulas, ni de los grupos. Se tratará de sentar las bases para optimizar la duración del cursillo teniendo en cuenta los requerimientos ya expuestos en el apartado 2.6 de este TFG [10].

3.3.1 Conjuntos

$I:$	Conjunto de periodos de clase disponibles en un día.
$Cu:$	Conjunto de los cursos que reciben clases.
$S:$	Conjunto de las asignaturas que se impartirán.
$E:$	Conjunto de horas de estudio que se impartirán.
$Ca:$	Define el año y el cuerpo del alumno.
$Sca:$	Conjunto de asignaturas que tiene cada alumno para cada año y cuerpo.
$Ssi:$	Asignatura s -ésima, en el periodo i -ésimo.
$Sco:$	Conjunto de asignaturas a comprobar si la asignación es correcta.
SEs	Conjunto de asignaturas por cada hora de estudio

3.3.2 Parámetros

$c_uGS:$ $C_u \in Cu, s \in S$	Parámetro que relaciona cada asignatura con el curso.
$pSC_{s_1s_2}:$ $s_1, s_2 \in S$	Parámetro que relaciona que asignaturas se pueden coincidir en fecha y hora para cada alumno.
$pSO_{s_1s_2}:$ $s_1, s_2 \in S$	Parámetro que indica que asignaturas no pueden coincidir.
$pSC_{cn}:$ $cn \in C$	Parámetro que relaciona las asignaturas del mismo curso.

$pTests:$	Parámetro binario que toma valor 1 si la asignatura se puede programar a una hora un día determinado
$s \in S$	
$pNoimax:$	Parámetro que indica el máximo número de clases que puede recibir un alumno por día
$i_{max} \in I$	
$pOrgsi:$	Parámetro que señala para cada día que asignaturas hay y en que turno.
$g \in G, s \in S, i \in I$	
$pNoEr:$	Almacena el número de errores que se han detectado al comprobar.
$pSolsi:$	Parámetro que almacena fechas y horas en las que están programadas las asignaturas.
$s \in S, i \in I$	
$pRlse:$	Parámetro que guarda relación con las horas de estudio y las de materias.
$e \in E, s \in S$	
$pNoimax:$	Máximo número de clases que un grupo puede tomar en un periodo de tiempo.
$i \in I$	

3.3.3 Variables

$X_{gsi}:$	Variable binaria que presenta la solución generada. Para cada día de cursillo que clases hay.
$i \in I, s \in S, g \in G$	
$t:$	Variable que representa el número de clases por la que se excede la condición de una hora de estudio por cada hora de clase.
$S_{si}:$	Variable binaria que presenta para un solo alumno, si en una hora de clase, hay más de una materia que el cursa.
$i \in I, s \in S$	

y : Variable que muestra la suma total de días necesarios para el cumplimiento del programa

3.3.4 Restricciones

- Que cada alumno suspenso pueda asistir a las clases que tiene suspensas sin que estas coincidan.

$$\sum_{i \in I} S_{si} \leq 1$$

$$i \in I, s \in S$$

$$\forall pSC_{s1s2} = 1$$

- Que cada clase este programada a una sola hora para todos los alumnos suspensos de esa asignatura.

$$\sum_{i \in I} X_{gsi} = 1$$

$$g \in G, s \in S$$

$$\forall pOr_{gsi} = 1$$

- Determina cantidad de clases que excede la proporción de una hora de estudio por cada hora de clase.

$$\sum_{i \in I} X_{gsi} \leq 1 + t$$

$$g \in G, s \in S$$

$$\forall pRlse = 1$$

- Que dos asignaturas que pueden coincidir lo hagan.

$$X_{gsi} = X_{s2g}$$

$$i \in I$$

$$g \in G, s, s2 \in S$$

$$\forall pSC_{s1s2} = 1$$

- Que la suma de las clases programadas en un espacio de tiempo sea menor o igual al máximo de clases que un alumno pueda tomar en ese periodo de tiempo.

$$\sum_{i \in I} X_{gsi} \leq pNoimax$$
$$g \in G, s \in S$$

- Que por cada tres créditos suspensos de una asignatura haya al menos siete horas de clase.
- Que, en caso de ser posible, comiencen las asignaturas del primer semestre.

3.3.5 Función Objetivo

Cumpliendo las restricciones y procurando que se cumpla la relación de horas de estudio y horas de clase se formula el modelo para la generación de la función objetivo.

La cantidad de días necesarios para las clases programadas se almacena en la variable y , y el objetivo es lograr minimizar al máximo ese tope de días. Así pues, la función objetivo resultante queda de tal manera:

Min y

4 RESULTADOS

4.1 Modelo en Asc Horarios

Una vez finalizada la toma de contacto con la aplicación Asc Horarios, se realizan ambos casos prácticos ya mencionados en los objetivos, apartado 1.3. Para ambos casos la aplicación demuestra ser lo suficientemente potente como para generar ambos horarios sin apenas dificultad como se observa en la Figura 4-1.

4.1.1 Ejemplo prototipo de la Sábana escolar

Para este primer caso más complejo y de más extensión que el otro, se ha procurado seguir los pasos despacio procurando no equivocarse. Los aspectos más importantes que se han tenido en cuenta para este caso práctico son los siguientes:

- Como ya se mencionó anteriormente, apartado 2.4.2, cada curso se ha dividido en grupos, dependiendo del tamaño del curso en cuestión se ha determinado el que sean 7 u 8 grupos. Esta prueba de horario se ha procurado simular al presente horario de este año, así pues, todos los cursos se considerarán grandes salvo la cuarta y la quinta.
- En cuanto a las asignaturas, se ha simulado el primer cuatrimestre, con lo cual, solo aparecerán aquellas que se imparten durante este periodo. Están presentes, además de todas las asignaturas del Título de Grado y las asignaturas específicas militares, las actividades militares que se contemplan en el plan de estudios de la Escuela Naval Militar. Es debido a esto, que se contemplan en el horario, además, los periodos de Orden Cerrado, Educación Física, Instrucción Marinera, Adiestramiento en la Mar (Lanchas) y, por último, Prácticas de Campo. Estas actividades extraescolares ocupan, en el horario simulado por la aplicación, el mismo periodo de tiempo y están colocados en las mismas horas.
- Otro de las necesidades que debe cumplir la sábana escolar es que cada profesor pueda asistir a todas y cada una de las clases que tiene asignadas. Con el propósito de complicar la vida a la aplicación se tomó la decisión de disminuir el número de profesores, o lo que es lo mismo, cargar de más trabajo a los profesores si contemplados en el prototipo del horario.
- Pasa una situación parecida al tema de profesores en el aspecto de aulas. El programa es capaz de crear tantas aulas como se requiera, pero para este prototipo se ha procurado

disminuir también el número total de aulas. Esto no quita, que, en el horario creado, cada curso tenga unas clases muy similares a las que utiliza este mismo año.

- Es necesario también para comprender la figura a continuación, Figura 4-2, conocer que el primer curso va desde el grupo 1.1 hasta el último grupo de Infantería de Marina, IM 1.2. La segunda brigada adquiere la puntuación 2. hasta el último grupo, el IM 2.2. Las demás brigadas siguen el mismo patrón.
- En las figuras a continuación se podrán observar únicamente las abreviaturas que se han ido colocando a cada asignatura o en algún caso especial el nombre completo como en el caso de Lanchas o Campo en referencia a Adiestramiento en la mar y a Prácticas de Campo. Las abreviaturas usadas corresponden a juntar la primera letra de todas las palabras que compongan el nombre de la asignatura. Un ejemplo podría ser Orden cerrado, Oc. De esta manera se reduce el espacio por cada recuadro. En el programa de todas maneras es posible ver todas las características de la aplicación con solo pinchar o arrastrar el ratón hasta el recuadro correspondiente.
- A causa de solo contar con la opción demo de la aplicación, no se poseen todas las funcionalidades que Asc Horarios puede ofrecer. Es debido a esto que, aun teniendo el prototipo totalmente finalizado, no es posible exportarlo para su mejor apreciación.

Una vez comprendidos y asimilados estos aspectos a continuación, se expondrán mediante figuras el resultado final de la sábana escolar.

Tras realizar todos los pasos anteriores y seguir las indicaciones previas, el programa finaliza el horario tras 27249 intentos y como refleja la Figura 4-1, en solo 2 segundos Las siguientes capturas de pantalla reflejan el resultado final obtenido con el programa. Como ya se menciona durante el TFG, dado que solo se posee la versión demo, no es posible exportar el resultado final. Así pues, las siguientes figuras representan el horario, Figura 4-2, Figura 4-3, Figura 4-4, Figura 4-5 y Figura 4-6.

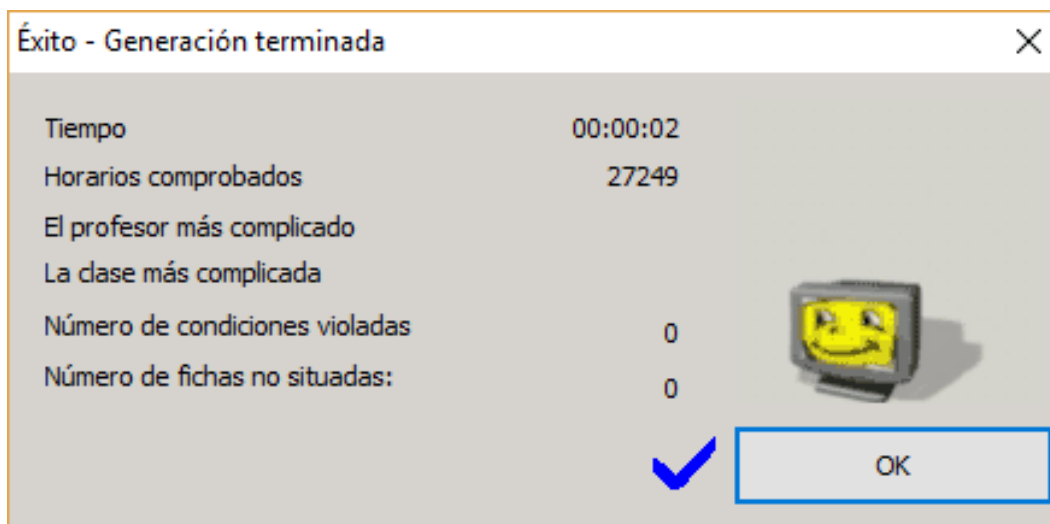


Figura 4-1 Final de Generación de prototipo

	Lunar								Martes								Miércoles								Jueves								Viernes							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6		
grupo 1.1		FMBI	MYNI	FMBII	EGr	EF	Oc		FI		EGr	MYNI	lanchas				MYNI			CI	FMBI		EGr		FMBII	FMBI	FI	CI	EGr	EF	Im		CI	FMBII	FI	EGr	Oc	EF		
				FMBII					CI				lanchas					FI			FMBI				FMBII								FMBII							
grupo1.2		FMBI	MYNI	FMBII	EGr	EF	Oc		FI		EGr	MYNI	lanchas				MYNI			CI				EGr	FMBII	FMBI	FI	CI	EGr	EF	Im		CI	FMBII	FI	EGr	Oc	EF		
				FMBII					CI				lanchas							FI	FMBI				FMBII								FMBII							
grupo 1.3		FMBI	MYNI	FMBII	EGr	EF	Oc		EGr			CI	MYNI	EF	Im		MYNI	EGr		FI	FMBI				lanchas	FMBII	FMBI	FI	CI	EGr	EF				CI	FMBII	FI	EGr	Oc	EF
	FI			FMBII									Im						CI	FMBI				lanchas	FMBII								FMBII							
grupo 1.4	MYNI	FMBI	CI	FMBII	EGr	EF	Oc		EGr			MYNI		EF	Im		EGr	MYNI		FI	FMBI			lanchas	FMBII	FMBI	FI	CI	EGr	EF				CI	FMBII	FI	EGr	Oc	EF	
				FMBII							FI								CI	FMBI			lanchas	FMBII									FMBII							
grupo 1.5	MYNI			EGr	FMBI	EF	Oc		FMBI	FMBII	CI	MYNI		EF	EGr	FI		MYNI		FMBII	EGr	CI	EF	Im		FI		EGr		CI			lanchas	EGr	FI	FMBII	FMBI	Oc	EF	
					FI				FMBII	FMBI														Im		CI								FMBII	FMBI					
grupo 1.6	MYNI		EGr	CI	FMBI	EF	Oc		FMBI	FMBII	CI	MYNI		EF	EGr	FI		MYNI		FMBII	EGr	CI	EF	Im		FI		EGr					lanchas	EGr	FI	FMBII	FMBI	Oc	EF	
									FMBII	FMBI														Im		CI								FMBII	FMBI					
IM 1.1		CI	EGr	FI	FMBI	EF	Oc		FMBI	FMBII	CI		TI	EF	EGr	FI	TI	TAI		FMBII	EGr	CI	EF	Im		EGr							campo	EGr	FI	FMBII	FMBI	Oc	EF	
				CI					FMBII	FMBI										FI				Im										FMBII	FMBI					
IM 1.2	EGr	CI	FI	FMBI	EF	Oc			FMBI	FMBII	CI		TI	EF	EGr	FI	TI	TAI		FMBII	EGr	CI	EF	Im		EGr							campo	EGr	FI	FMBII	FMBI	Oc	EF	
		FI	CI						FMBII	FMBI														Im											FMBII	FMBI				

Figura 4-2 Prototipo final sábana (parte 1)

	Lunar								Marte								Miércoles								Jueves								Viernes						
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	
grupo 2.1		RdM	T	CyT	CII	EF	Oc					Coml		CyT	lanchas		CyT	T	Coml		EF	CII		T	Coml	Lill		RdM	EF	Im		RdM	Lill	Coml	CII	Oc	EF		
	Coml								Coml	Lill							RdM	Lill					T	CII			Lill	CyT											
grupo 2.2		RdM	T	CyT	CII	EF	Oc				RdM	Coml		CyT	lanchas		CyT	T	Coml		EF	CII		T	Coml	Lill			EF	Im		RdM	Lill	Coml	CII	Oc	EF		
	Coml								Coml	Lill							RdM	Lill	T	CyT			CII				Lill												
grupo 2.3		RdM	T	CyT	CII	EF	Oc		CII		Coml		CyT	EF	Im		T			Coml				T	Coml	Lill	RdM		EF	CyT		RdM	Lill	Coml	CII	Oc	EF		
	Coml									Coml	Lill	CII						CyT	Lill								Lill					RdM			T				
grupo 2.4	Coml		RdM	T	CyT	CII	EF	Oc		CII	Coml	RdM		CyT	EF	Im		T	Coml					T			Lill		EF	CyT		RdM	Lill		CII	Oc	EF		
									Coml		Lill	T							Lill		Coml					CyT	Coml	Lill	CII					Coml					
grupo 2.5	Coml		CyT	RdM	Lill	T	EF	Oc		Lill	Coml			CII	EF	CyT	RdM	CII	Coml	Lill		EF	Im		RdM	CII		T				CyT				T	Oc	EF	
					Lill				Coml		RdM						CyT			Lill	Coml						Coml		T					Coml	CII				
grupo 2.6	Coml		CyT	RdM	Lill	T	EF	Oc	RdM	Lill	Coml			CII	EF	CyT		CII	Coml	Lill		EF	Im		RdM	CII		T					CyT			T	Oc	EF	
	CII				Lill				Coml		RdM								T	Lill	Coml						Coml						Coml						
IM 2.1	CIMI		CyT	RdM	Lill	T	EF	Oc	TAI	Lill	CyT			CII	EF	T	CIMI	CII	RdM	Lill		EF	Im		RdM	CIMI						CyT		CII		T	Oc	EF	
					Lill					CIMI								T		CyT	Lill	CIMI											CII						
IM 2.2	CIMI		CyT	RdM	Lill	T	EF	Oc	TAI	Lill	CyT			CII	EF	T	CIMI	CII		Lill	RdM		EF	Im		RdM	CIMI						CyT		CII		T	Oc	EF
					Lill					CIMI	CyT									Lill	CIMI						T	CII											

Figura 4-3 Prototipo final sábana (Parte 2)

	Lunar								Martes								Miércoles								Jueves								Viernes						
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	
grupo 3.1	Ig		Ingles III	Elasticidad		EF	Oc		Ingles III	Ig	MyNIII			EF	Elasticidad		Electronica		Materiales	Electronica	Elasticidad	EF	Ingles III	Ig		Materiales	Electronica		Ig		EF	Im		Electronica	Materiales			Oc	EF
grupo 3.2		Ig	Ingles III	Elasticidad		EF	Oc		Ingles III	Ig	MyNIII			EF		Elasticidad	Electronica		Materiales		Elasticidad	EF	Ingles III	Ig		Electronica	Elasticidad		Ig		EF	Im		Electronica	Materiales			Oc	EF
grupo 3.3	Materiales		Ingles III	Elasticidad		EF	Oc		Ingles III	Ig	Electronica			EF	Im		MyNIII	Materiales		Elasticidad	EF	Ingles III	Ig		Electronica					EF	Ig	Elasticidad		Electronica	Materiales			Oc	EF
grupo 3.4	Materiales		Ingles III	Elasticidad		EF	Oc		Ingles III	Ig	Electronica	Elasticidad		EF	Im		MyNIII	Materiales		Elasticidad	EF	Ingles III	Ig		Electronica					EF		Elasticidad		Electronica	Materiales		Ig	Oc	EF
grupo 3.5		Elasticidad	Ig	Materiales		EF	Oc		Materiales		Ingles III	Electronica		EF		Ig	Elasticidad	Ig	Electronica	Materiales	Ingles III	EF	Im			Ig		Electronica	Elasticidad		EF	MyNIII			Elasticidad	Ingles III	Oc	EF	
grupo 3.6			Ig	Materiales		EF	Oc		Elasticidad	Materiales		Ingles III	Electronica		EF		Ig	Elasticidad	Ig	Electronica	Materiales	Ingles III	EF	Im				Electronica	Elasticidad		EF	MyNIII			Elasticidad	Ingles III	Oc	EF	
IM 3.1			Ig	Electronica		EF	Oc		Materiales		Elasticidad	Ingles III	Electronica		EF		Ig	Elasticidad	Ig	Electronica	Materiales	Ingles III	EF	Im			Materiales	campo						Ig	Elasticidad	Ingles III	Oc	EF	
IM 3.2	Elasticidad		Ig	Electronica		EF	Oc		Materiales		Ig	Ingles III	Electronica		EF		Elasticidad	Ig	Electronica	Materiales	Ingles III	EF	Im			Materiales	campo							Elasticidad	Ingles III	Oc	EF		

Figura 4-4 Prototipo final sábana (Parte 3)

	Lunes								Martes								Miércoles								Jueves								Viernes					
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
grupo 4.1	FI			Auto m	Ingles IV	EF	Oc		IT		IT	SdA	Auto m	lanchas			Comm II	Autom	FI	Estru ctura s	SdA	EF			Autom	FI	Comm II	Ingles IV	EF	Im		IT	FI	Estru ctura s	Oc	EF		
grupo 4.2	FI			Auto m	Ingles IV	EF	Oc		IT		IT	SdA	Auto m	lanchas			Comm II	Autom	FI	Estru ctura s	SdA	EF			Autom	FI	Comm II	Ingles IV	EF	Im		IT	FI	Estru ctura s	Oc	EF		
grupo 4.3	FI				Ingles IV	EF	Oc		IT			FI	SdA	Auto m	EF	Im	Comm II	Autom	FI	Estru ctura s	SdA	lanchas		Autom		Comm II	Ingles IV	EF	Estru ctura		IT	Autom	FI	Estru ctura s	Oc	EF		
grupo 4.4	FI				Ingles IV	EF	Oc		IT			FI	SdA	Auto m	EF	Im	Comm II	Autom	FI	Estru ctura s	SdA	lanchas			IT	Comm II	Ingles IV	EF	Estru ctura		IT	Autom		Autom	Estru ctura s	Oc	EF	
grupo 4.5			FI		Estru ctura s	EF	Oc					SdA		EF	Auto m		Comm II	FI	Estru ctura s	Auto m	SdA	EF	Im	Ingles IV	IT	Comm II	Estru cturas	lanchas	Ingles IV	IT	Autom	FI	Oc	EF				
grupo 4.6			FI		Estru ctura s	EF	Oc					SdA		EF	Auto m		Comm II	FI	Estru ctura s	Auto m	SdA	EF	Im	Ingles IV	IT	Comm II	Estru cturas	lanchas	Ingles IV	IT	Autom	FI	Oc	EF				
IM 4	Auto m		FI	TI	Estru ctura s	EF	Oc		IT		TI		FI	EF	Auto m	IT		TI	Estru ctura s	Auto m		EF	Im	Ingles IV				campo	Ingles IV		TI	FI	Oc	EF				

Figura 4-5 Prototipo final sábana (Parte 4)

	Lunar								Marte								Migrcular								Jueves								Viernes							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6		
grupo 5.1		Coun struc	OT		Coms III	EF	SN	Adl			Couns trucci ones	SdAII		EF		OT	SdAII		Adl	TNIII		EF	OT			Coun struc cione s		TNIII	Coms III	EF			TNIII		SdAII	TNIII		SN	EF	
	OT			TNIII			SdAII	Adl	SN			SdAII					Counstruccion es		Adl	TNIII		EF	OT		Counstruccion es			Coun struc cione s		TNIII	Coms III	EF	TNIII	SdAII			SdAII	Adl		
grupo 5.2		Coun struc	OT		Coms III	EF	SN	Adl	Adl		Couns trucci ones	SdAII		EF		OT	SdAII		Adl	TNIII		EF	OT			Coun struc cione s		TNIII	Coms III	EF			TNIII		SdAII	TNIII		SN	EF	
	OT			TNIII			SdAII	Adl	SN			SdAII					Counstruccion es		Adl	TNIII		EF	OT		Counstruccion es			Coun struc cione s		TNIII	Coms III	EF	TNIII	SdAII			SdAII	Adl		
grupo 5.3		SN		OT		Coms III	EF		Adl	Adl		Couns trucci ones	SdAII		EF		OT	SdAII		Adl	TNIII		EF	OT			Coun struc cione s		TNIII	Coms III	EF			TNIII	Coun struc	SdAII	TNIII		SN	EF
				TNIII			SdAII	Adl	SN			SdAII					Counstruccion es		Adl	TNIII		EF	OT		Counstruccion es		OT	Coun struc cione s			Coms III	EF	TNIII	SdAII		Adl	SdAII			
grupo 5.4		SN				SdAII	EF	Coms III	Adl	SdAII	Coun struc cione s		TNIII		EF		OT	TNIII		Adl	Coun struc cione s		EF	OT	Coms III	TNIII	SdAII		Adl	EF		OT		Coun struc		SdAII		SN	EF	
		SN		Coun struccion es					SdAII	Coun struccion es			TNIII				OT		Adl	Coun struc cione s			EF	OT	Coms III	OT		TNIII	TNIII		EF		SdAII		TNIII	Adl		SdAII		
grupo 5.5		SN	Coun struc		SdAII	EF	Coms III		SdAII	Coun struc cione s		Adl	TNIII		EF	OT		TNIII	OT	Coun struc cione s		SN	EF	Adl	Coms III	TNIII	SdAII		Adl	EF		OT				SN	SdAII		EF	
		SN	Coun struccion es						SdAII	Coun struccion es		Adl	TNIII						OT	Coun struc cione s				Adl	Coms III		TNIII	TNIII	OT		EF		SdAII		TNIII		SdAII	Adl		
grupo 5.6		SN	Coun struc		SdAII	EF	Coms III		SdAII	Coun struc cione s		Adl	TNIII		EF	OT		TNIII	OT	Coun struc cione s		SN	EF	Adl	Coms III	TNIII	SdAII		Adl	EF		OT				SN	SdAII		EF	
		SN	Coun struccion es						SdAII	Coun struccion es		Adl	TNIII						OT	Coun struc cione s				Adl	Coms III		TNIII	TNIII	OT		EF		SdAII		TNIII		SdAII	Adl		
IM 5	TAV	Coord nacio		Adl	OA	EF	Automoviles	SN	Auto mobile s	Coord nacio	TAV		EF	OT	OA			OT	Coord nacio	TAV		SN	EF	Adl	OA		Coord nacio	OA	campo				OT		SN	OA	Auto mobile s	EF		
	OA	Coord nacio	TAV	OT			SN			OA			EF	OT	TAV	TAV		OT	Auto mobile nacio	Coord nacio		SN	EF	Adl	OA	TAV	Adl	campo						SN	Coord nacio					
grupo 5. CT					Coms III	EF		Adl	lanchas	Couns trucci ones	SdAII		EF		TNIII		SdAII	Mymd f	Adl			EF		Couns trucci ones	SN	Mymd f	Coun struc cione s		TNIII	Coms III	EF		Adl	TNIII	Mymd f	SdAII	TNIII		SN	EF
		Counstruccion es		TNIII			SdAII	Adl	lanchas	Couns truccion es	SdAII								Adl					SN				Adl		Coms III	EF		TNIII	SdAII	Mymdf	SdAII				
IM 5. CT	TAV	Coord nacio		Adl	OA	EF	Automoviles	SN	Auto mobile s	Coord nacio	TAV		EF	CIMI	OA			Mymd f	Coord nacio	TAV		SN	EF	Adl	OA	Mymd f	Coord nacio	OA	campo					Mymd f		SN	OA	Auto mobile s	EF	
	OA	Coord nacio	TAV				SN			OA			EF				TAV	TAV	Mymd f	Auto mobile nacio	Coord nacio		SN	EF	Adl	OA	TAV	Adl	campo				Mymdf			Coord nacio				

Figura 4-6 Prototipo final sábana (Parte 5)

4.1.2 Ventajas de usar el software Asc Horarios

Como se ha podido observar en los resultados obtenidos al modelar el primer caso práctico propuesto, se consigue, obtener unos horarios adecuados en un corto periodo de tiempo. Otras de las capacidades de este software que no se han podido utilizar hacen de este software una posible gran solución. Un ejemplo de estas ventajas de usar el software viene en el momento de exportar los horarios, que si bien es cierto en este TFG al no poseer la versión Premium no se ha podido llevar a cabo, el software reza que es posible exportar los horarios para cada profesor, aula y grupo de alumnos para facilitar así su uso. Otra de esas ventajas sería la posibilidad de consultar los horarios a través del teléfono móvil agilizando así su utilización.

4.1.3 Ejemplo prototipo de cursillo de verano

Para este segundo caso práctico de menos extensión que el anterior, la aplicación ha vuelto a realizar el horario en cuestión sin dificultad alguna. Para el cursillo propuesto, se ha cogido a 15 alumnos de segundo curso con entre 2 y 3 asignaturas suspensas cada uno. Los requerimientos más importantes de este cursillo ya están explicados anteriormente en el apartado 2.6. De cualquier forma, los aspectos más importantes a recalcar son:

- Se han utilizado los mismos 15 alumnos que en la explicación del uso de Asc Horarios. Cada uno de ellos tendrá las mismas asignaturas suspensas que en la Tabla 3-1.
- Como ya se especificó anteriormente la distribución de las clases en aulas no supone un gran problema, pues el número de alumnos suspensos no es equiparable al total de alumnos de la Escuela Naval Militar.
- Los profesores, al igual que las aulas, poseen más que suficiente tiempo para impartir las clases, con lo cual, no suponen ninguna traba. Dado que hay pocos alumnos suspensos, los profesores no se ven forzados.
- Las abreviaturas se ponen del mismo método que en el caso anterior. Además, al ser menos asignaturas, el horario no estará tan completo y por lo tanto será más simple de comprender.

Una vez descritas estas reseñas sobre el cursillo el resultado final es el de la siguiente Figura 4-7.

	Lunar								Martes								Miércoles								Jueves								Viernes							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Alumno 1	CI				F		II			CI		II				E					CI		E					CI		E				CI				E		
Alumno 2		T		MyM		II		T			II		MyM	MyM		II					T						T				T				MyM					
Alumno 3	CI	T				II		T		CI		II				II					T		CI				T		CI		T									
Alumno 4					F		II					II				II							E						E									E		
Alumno 5				MyM		MdF						MdF		MyM	MyM		MdF						E						E					MdF		MyM		E		
Alumno 6		T		MyM				T					MyM	MyM							T				E			T			E		T			MyM		E		
Alumno 7			RdM									RdM											E				RdM				E				RdM				E	
Alumno 8				MyM		II						II		MyM	MyM		II						E						E							II		MyM		E
Alumno 9		T					MdF		T			MdF					MdF				T				E			T			E		T			MdF		E		
Alumno 10	CI						MdF				CI		MdF				MdF											CI							CI					
Alumno 11		T		MyM				T					MyM	MyM							T				E			T			E		T				MyM		E	
Alumno 12	CI				F					CI													E					CI			E				CI				E	
Alumno 13		T						T															E				T			E		T							E	
Alumno 14		T						T															E				T			E		T							E	
Alumno 15	CI		RdM		MyM					CI		RdM		MyM	MyM												RdM			CI					CI			MyM		

Figura 4-7 Prototipo final cursillo de vera

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Una vez finalizados ambos casos prácticos. Tanto la sábana escolar como el calendario de verano, el programa seleccionado Asc Horarios ha demostrado ser una herramienta realmente útil. Gracias a este software comercial, y a la información que recibí por parte de la ENM-CUD, he sido capaz en un corto periodo de tiempo de, tanto afianzarme en el software en sí, como de desarrollar la compleja sábana escolar incluyendo a todas las brigadas y el horario correspondiente a un posible cursillo de verano. Asc Horarios ha conseguido agilizar el proceso de una manera considerable. Además, supone un gran alivio en caso de equivocarse, pues de manera muy sencilla permite aplicar cambios. Quizás una de las mejores características que posee la aplicación, sea la habilidad de retocar, según el gusto, el calendario una vez este ha finalizado con él. Adicionalmente, permite variar aulas y/o profesores para horas específicas, con lo cual ofrece un nuevo abanico de posibilidades a la hora de materializar el horario.

Una vez habiendo presentado los resultados y formulado matemáticamente ambos casos prácticos, es necesario comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos fijados al comienzo del TFG, apartado 1.3. A nivel de objetivos, se obtuvieron los siguientes grados de cumplimiento:

1. 90% completado, pues si bien es cierto, aunque se ha desarrollado un concienzudo registro de estos softwares, y se han analizado sus mayores ventajas y desventajas. Falta un 10% restante que reside en aquel pequeño elenco de softwares generadores de horarios que no han sido documentados en este TFG y en la imposibilidad de probar los demás softwares analizados por la falta tanto de tiempo como de recursos.
2. 95% completado, pues, aunque es cierto que se consiguió el resultado esperado, por motivos de la versión del programa, no se ha podido exportar el resultado final para poder contemplar seguros de la eficiencia del programa.
3. 90% completado, esto se debe a que, aun habiendo desarrollado unas bases sólidas para ambos casos prácticos para el futuro, no se ha podido realizar más que eso, y se ha dejado la función objetivo abierta. Esto deberá servir como cimientos en el futuro para continuar y conseguir definir una función objetivo fija para un caso de optimización fijo.

5.2 Líneas futuras

A lo largo de la realización de este TFG han surgido una serie de líneas futuras que se exponen a continuación:

- Desarrollar una función objetivo para un ejercicio de optimización para ambos casos prácticos. De esta manera se podrían poner en práctica las bases de formulación definidas en este trabajo para conseguir un objetivo determinado.
- Evaluar en mayor profundidad el software libre FET de manera que se pueda llegar a ver hasta donde alcanza la capacidad de esta aplicación.
- Evaluar el software Asc Horarios una vez se haya comprado y descubrir el verdadero potencial que reside en él. Generar las sábanas de ambos cuatrimestres para comprobar y comprobar su posible viabilidad como sustituto del actual sistema de generación de horarios.
- Resolver el problema de optimización mediante aplicaciones tales como Solver o Matlab.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Centro Universitario de la Defensa, «CUD.UVIGO,» [En línea]. Available: http://cud.uvigo.es/index.php?option=com_content&view=article&id=1010&Itemid=114.
- [2] J. Bendinner, «Los APS optimizan los procesos de planificación logística,» 2018.
- [3] K. Patel, «Apics.org,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.apics.org/apics-for-individuals/apics-magazine-home/magazine-detail-page/2011/09/22/hints-to-aps-supply-chain-success>.
- [4] Lopez, «riunet.upv.es,» [En línea].
- [5] J. Mena Mena, «riull.ull.es,» 2018. [En línea]. Available: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/722/DISENO%20AUTOMATICO%20DE%20HORARIO%20Y%20AGENDA%20SUJETO%20A%20CIERTOS%20CRITERIOS%20DE%20CALIDAD%20PARA%20CENTROS%20CON%20RECURSOS%20LIMITADOS%20DE%20ESPACIO.pdf;sequence=1>.
- [6] P. GHC, «Peñalara GHC Horarios,» GHC, [En línea]. Available: <https://www.penalara.com/es>.
- [7] V. Dirr, «FET Timetables,» 2018. [En línea]. Available: <https://lalescu.ro/liviu/fet/>.
- [8] Howr, «Howr timetables (Orfega.es),» 2018. [En línea]. Available: <http://horw.es/versionesyprecios.php#nuecli>.
- [9] A. Horarios, «Asc horarios help manual,» 2018. [En línea]. Available: <http://help.asctimetables.com/>.
- [10] I. A. Ramos, «ao.upm.es,» 2018. [En línea]. Available: http://oa.upm.es/42724/1/TFG_ITXASO_ASENSI_RAMOS.pdf.