

# Utilización de herramientas *open source* en el Trabajo de Fin de Grado

Pablo Zumel, Susana Niclos, Diego Traperó, Marina Sanz, Cristina Fernández

GSEP- Grupo de Sistema Electrónicos de Potencia

Universidad Carlos III de Madrid, Av. Universidad 30, 28911 Leganes, Madrid

**Abstract** La proliferación en los últimos años de una cultura *open source* y la aparición de plataformas de desarrollo accesibles y de bajo coste pone a disposición de alumnos y profesores unas herramientas muy interesantes para el desarrollo de Trabajos de Fin de Grado acotados en el tiempo y con características docentes como el carácter multidisciplinario, diseños completos y la difusión a nivel de comunidad de usuarios. En el entorno del desarrollo de Trabajos de Fin de Grado se muestran dos experiencias basadas en cierto grado en el uso de herramientas *open source* y la experiencia previa de los estudiantes con las mismas. En ambos casos se logra recorrer todo el proceso de diseño, desde la concepción hasta la puesta en marcha de un prototipo funcional.

## I. INTRODUCCIÓN

En la última década se ha producido una gran expansión de algunos movimientos que han llevado el uso de la electrónica y de la tecnología a un público numeroso no necesariamente con formación de ingeniería, como los movimientos maker [1], *open source* o el proyecto RepRap (impresión 3D). La educación también se ha visto influida por estas tendencias y muchas escuelas y administraciones educativas [2][3] han incluido en el curriculum de educación secundaria formación tecnológica basada en la experiencia directa y en el paradigma “learn by doing”, como por ejemplo la utilización de la plataforma Arduino o iniciación a la programación con herramientas de programación con gran ayuda visual como Scratch. Muchos de estos movimientos y tendencias tienen como propósito la expresión de la creatividad de los usuarios, más que un desarrollo económico, industrial o comercial de ciertos productos.

Las nuevas generaciones de alumnos que entrarán en la universidad en los próximos años habrán tenido en una proporción muy significativa un contacto con estas tecnologías, como son plataformas de tipo Arduino, impresión 3D, programación, etc., ya sea a través de la escuela secundaria o por la actividad relacionada con alguno de estos movimientos tecnológicos y, en todo caso, al margen de los currícula de los grados universitarios. El nivel de profundidad de su conocimiento será limitado, pero su nivel de experiencia será significativo. Es por ello que en las actividades docentes que se planteen en un futuro podremos tener en cuenta habilidades relacionadas con la programación y computación física (plataformas basadas en microcontroladores con sensores y actuadores). Estos conocimientos previos se podrán utilizar

sobre todo a nivel de herramienta de apoyo para integrar sistemas multidisciplinares, o para desarrollar pequeños sistemas desde la concepción hasta la implementación de un prototipo, obteniendo una visión de conjunto de la ingeniería.

La disponibilidad de herramientas útiles en la integración de sistemas y el prototipado rápido y de bajo coste es especialmente significativo en los planes de estudio actuales, en los que el Trabajo de Fin de Grado es una actividad que se lleva a cabo en el último cuatrimestre del grado, en paralelo todavía con algunas asignaturas, y con una carga docente equivalente a dos asignaturas completas. Por tanto, los Trabajos de Fin de Grado se deben plantear como actividades muy acotadas en el tiempo, sobre todo en relación a los antiguos Proyectos Fin de Carrera, que en muchos casos suponían una carga muy superior a la actual.

En este artículo se exponen dos experiencias de Trabajo Fin de Grado en los que la utilización de herramientas *open source* y la formación tecnológica adicional de los alumnos han sido significativas. Los conocimientos, competencias y metodologías adquiridas en las asignaturas de grado se complementan con las habilidades adicionales de los alumnos que ha permitido desarrollar desde el principio hasta el final un producto de ingeniería.

## II. CONTEXTO DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO EN LOS PLANES DE ESTUDIO ACTUALES

En la Universidad Carlos III de Madrid el Trabajo Fin de Grado del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales es una asignatura que figura en el último cuatrimestre del grado y que consta de 12 créditos ECTS, es decir, el equivalente a dos asignaturas estándar. En este Grado los alumnos eligen asignaturas optativas para obtener la mención de intensificación en un área concreta (ej. Automática y Electrónica) en el segundo cuatrimestre del tercer curso y continúan durante el cuarto curso. El Trabajo de Fin de Grado se cursa simultáneamente con dos asignaturas optativas correspondientes a la intensificación que el alumno haya escogido, y dos asignaturas comunes. Al empezar el Trabajo de Fin de Grado el alumno ha cursado dos terceras partes de las asignaturas de especialización.

Según la ficha docente de la asignatura, el objetivo es que el estudiante adquiera conocimiento y competencias en los aspectos globales de su ingeniería, combinando el carácter técnico y los aspectos económicos y sociales de la profesión.

Los dos Trabajos de Fin de Grado descritos en este artículo consisten en el desarrollo de un producto, desde su concepción inicial hasta la realización de prototipos funcionales. Su valor académico es elevado, ya que permite desarrollar e interrelacionar conocimientos y competencias adquiridas durante los cursos anteriores. Desde este punto de vista cumple el objetivo marcado por el legislador.

Obviamente el planteamiento inicial de los trabajos tiene que tener en cuenta el tiempo disponible y deseable para la realización del Trabajo de Fin de Grado. Si bien los alumnos dedican en promedio más de los 12 créditos asignados al Trabajo de Fin de Grado, su realización nunca debe demorarse más allá del inicio del siguiente curso académico. Los dos trabajos descritos en este artículo se desarrollaron durante el segundo cuatrimestre del curso 2013-14 y fueron presentados en la convocatoria de septiembre de 2014.

### III. CASO 1: EXTRUSOR DE PLÁSTICO PARA IMPRESORAS 3D

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado [4] es ofrecer una alternativa a la fabricación convencional de filamento para impresión 3D. El filamento es el producto que emplean las impresoras 3D FDM (*fused deposition modeling*) para producir los modelos sólidos; se trata de un cable plástico que se suele comercializar enrollado en un carrete. El proceso de transformación del filamento consiste en la extrusión de una resina polimérica (en forma de granulado) para dar lugar a un hilo continuo y macizo de plástico.

La idea de crear un extrusor de filamento económico y *open source* no es nueva y ya ha sido explorada por otros autores [5][6]. Se debe hacer notar que ya existen soluciones similares a la que se han desarrollado en este proyecto, además de usuarios de esta tecnología. Este tipo de usuarios no requieren de sus extrusores las mismas *exigencias* que los productores comerciales; el ánimo que impulsa a la mayoría es el explorar estos procesos y la simple satisfacción de construir y utilizar su propia máquina.

El presente diseño no cumple con los estándares requeridos por la industria, puesto que se dirige a un público diferente. Dificilmente se podría emplear para la producción comercial de filamento, donde las especificaciones de capacidad están muy por encima de los obtenibles con este producto.

Sin embargo, se pretende facilitar un diseño abierto y un corpus de conocimiento que pueda ser aprovechado por personas u organizaciones interesadas en esta área, con el objeto de construir este modelo o emplearlo como plataforma de sus propias soluciones.

El objetivo del proyecto es el diseño, construcción y ensayo de un extrusor de filamento para impresión 3D, diseñado bajo los criterios de:

- Coste y tamaño reducido.
- Fuentes abiertas a disposición de cualquier persona y organización. Para ello se emplea un repositorio online con todos los archivos generados durante el desarrollo del proyecto [7].
- Procesos de fabricación y componentes replicables sin necesidad de tener acceso a herramientas o proveedores especializados, para favorecer la replicabilidad del diseño.

Los objetivos iniciales del proyecto se han traducido en unas especificaciones mínimas y a una serie de indicaciones, de carácter cualitativo y cuantitativo, que pretenden guiar el proceso de desarrollo.

1. Coste de los materiales de cada unidad menor de 500€.
2. Capacidad mínima de 0.25kg/h (1kg cada 4 horas).
3. El material de extrusión será ABS.
4. El filamento producto de la extrusión debe ser utilizable por una impresora 3D.

El extrusor desarrollado consta de un sistema mecánico y un sistema electrónico de control.

#### A. Descripción del sistema mecánico

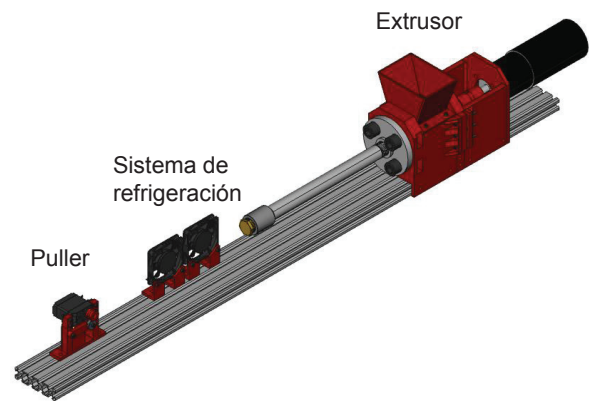


Figura 1 Sistema mecánico del extrusor

El sistema mecánico consta fundamentalmente de tres elementos (Figura 1): extrusor, sistema de refrigeración y puller.

El extrusor es el componente más importante y comprende los siguientes elementos:

- Husillo o tornillo (Figura 2): su giro dentro del barril (tubo que lo envuelve) provoca el desplazamiento del material, su acumulación en el extremo de la boquilla y la presión sobre ésta.
- Barril: cilindro que rodea al tornillo. Debe ser calentado para fundir el material.
- Boquilla: da forma al material extruido.
- Tolva y apertura de alimentación por donde se introduce la granza o pellets (material plástico en forma de granulado)
- Motor y acoplamientos mecánicos: producen el giro del husillo, que requiere un par considerable, evitado esfuerzos axiales.

El sistema de refrigeración actúa sobre el filamento recién salido de la boquilla y que por tanto mantiene una temperatura elevada. Es importante enfriar el filamento para que solidifique y pueda ser enrollado en una bobina.

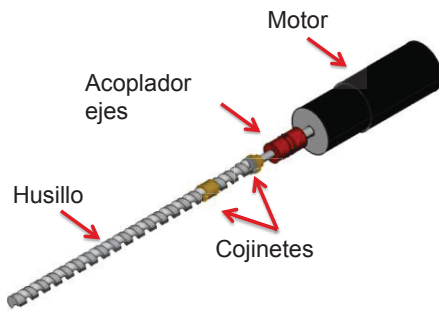


Figura 2 Detalle del husillo y motor del extrusor

El puller es un elemento que tira del filamento y que, junto con la velocidad del motor del extrusor, determina el diámetro del filamento obtenido.

Las piezas metálicas (husillo, barril y boquilla) se han elegido entre piezas estándar. Así, el husillo es una broca para madera de gran tamaño, el barril es una tubería estándar y la boquilla en un tapón de latón con un orificio mecanizado.

La elección de los elementos mecánicos se ha basado en un estudio previo analítico en el que se ha modelado el proceso de extrusión del material, considerando los modelos existentes en la literatura. Para ello se han elaborado unas hojas de cálculo o notebooks en las que a partir de las características de los materiales se puede predecir el caudal másico del extrusor en función de las dimensiones de los elementos mecánicos utilizados.

Las piezas no metálicas han sido diseñadas y realizadas en plástico PLA con una impresora 3D. Las principales piezas impresas son: cuerpo del extrusor, tolva, acoplamiento motor husillo y puller.

#### B. Sistema electrónico de control

El sistema electrónico consta de los siguientes elementos: elemento central de control (Arduino Mega, procesador ATmega2560, 8 bits), driver del motor del extrusor, driver del calefactor del barril, sensores para la medida de temperatura en el barril y una fuente de alimentación.

Una vez calculados los elementos mecánicos, el microcontrolador es el encargado de lograr un funcionamiento correcto de los mismos a través de las siguientes tareas:

- Control de la velocidad del motor del extrusor. Para ello se utilizar un driver de motores CC estándar y disponible en proveedores accesibles al gran público.
- Control de la temperatura del barril. La medida se realiza en tres puntos del barril a través de tres termistores, cuya señal es acondicionada por un circuito analógico. En el barril se han dispuesto tres calentadores a base de hilo de Nicrom que son controlados en lazo cerrado por un transistor de potencia con modulación PWM.
- Control de la velocidad del puller. Este elemento se ha realizado mediante un servomotor de rotación continua.
- Control de la velocidad de los ventiladores.
- Interfaz de usuario: a través de una pantalla LCD que incluye un encoder y un pulsador se puede interactuar con el sistema.

Mediante un menú por el que se puede desplazarse se pueden cambiar las consignas de temperatura o la velocidad de los motores. También se pueden visualizar las medidas de temperatura.

El programa desarrollado para el control del extrusor ha sido escrito en C y C++. Se han utilizado librerías estándar y también se ha desarrollado una librería propia.

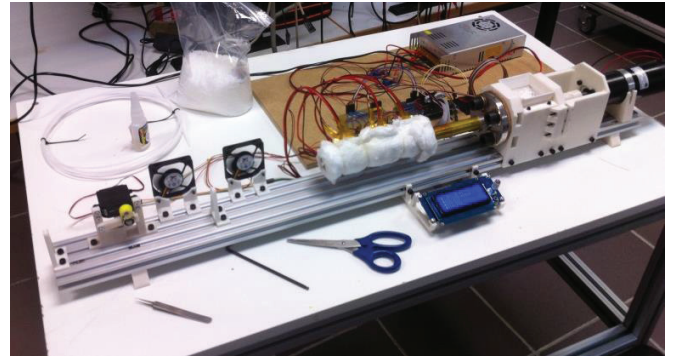


Figura 3 Fotografía del extrusor construido

#### C. Resultados obtenidos

Como resultado del trabajo se ha obtenido dos prototipos totalmente funcionales. El segundo de ellos (Figura 3) es el más evolucionado y se corresponde con la descripción anterior. Los resultados aparecen en la Tabla 1, en comparación con los objetivos marcados al principio del proyecto.

El material generado en este trabajo se ha puesto a disposición pública en [7]. El coste del proyecto se reparte casi equitativamente entre los elementos mecánicos, los electrónicos y los del soporte (línea de extrusión).

Tabla 1 Comparación entre objetivos y resultados

	Objetivo	Resultado
Coste de materiales:	<500€	375€
Capacidad:	>0.25kg/h	0.40kg/h
Material:	ABS	ABS
Filamento:	Filamento usable	Filamento usable

#### D. Aspectos docentes

Desde el punto de vista docente este Trabajo de Fin de Grado tiene varios puntos de interés.

En primer lugar el carácter multidisciplinario y la utilización de conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas cursadas a lo largo de todo el grado hacen que este proyecto sea muy atractivo como ejercicio de ingeniería. Así, se pueden mencionar las siguientes asignaturas en relación directa con diversas partes del Trabajo de Fin de Grado:

- Ciencia e Ingeniería de Materiales (2º curso) para el estudio teórico y dimensionamiento de algunos elementos del extrusor;
- Programación (1º curso), Fundamentos de Ingeniería Electrónica (2º curso), Instrumentación Electrónica (3º

curso), Ingeniería de Control (3<sup>er</sup> curso), Electrónica de Potencia (4<sup>o</sup> curso), Sistemas Electrónicos Digitales (4<sup>o</sup> curso) para el diseño del sistema electrónico de control;

- Expresión Gráfica en la Ingeniería (1<sup>er</sup> curso), Mecánica de Máquinas (2<sup>o</sup> curso) para el diseño de las partes mecánicas del extrusor.

En segundo lugar la realización de un prototipo funcional enriquece el trabajo desde un punto de vista de ingeniería. El trabajo ha abarcado desde el estudio teórico del proceso de extrusión y la elaboración de modelos, hasta el diseño electromecánico del sistema, programación y caracterización del mismo. El alumno ha experimentado los problemas de la materialización de ideas y las restricciones que pueden implicar en el diseño.

En tercer lugar la realización de un prototipo reproducible (basado en elementos estándar, bajo coste y fuentes abiertas) tiene interés como elemento de visibilidad del trabajo, además del interés propio de participar en las comunidades de usuarios próximas a la temática de este proyecto.

La utilización de plataformas *open source* es un elemento clave en este trabajo, ya que son parte fundamental en la realización de algunas de las partes del proyecto. Las herramientas utilizadas han sido:

- iPython para la elaboración de los modelos analíticos del proceso de extrusión;
- FreeCAD para el diseño mecánico del sistema;
- Github como repositorio para compartir el proyecto;
- Slic3r y Repetier-Host como herramientas de impresión 3D;
- Arduino IDE como entorno de programación C/C++.

Dado que el acceso a estas herramientas es fácil, tanto económicamente como desde el punto de vista del ecosistema de usuarios y aplicaciones, el alumno tenía conocimientos previos de algunas de ellas. La mayor ventaja para el alumno ha sido que manejo de estas herramientas ha complementado los conocimientos básicos adquiridos durante el Grado, pudiendo completar un amplio ejercicio de ingeniería. Además, estas plataformas permiten la reproducibilidad del proyecto con un bajo coste y también permiten su evolución de forma sencilla, ya sea por otros alumnos en el contexto de un Trabajo de Fin de Grado o por el público en general.

#### IV. CASO 2: SMARTPLUG ENCHUFE DOMÓTICO

En este Trabajo de Fin de Grado [8] se ha desarrollado un sistema capaz de controlar cuatro enchufes programables de forma remota a través de internet mediante un navegador web, y sobre el que se pueden desarrollar múltiples aplicaciones añadiendo módulos especializados. Este sistema se ha denominado Smartplug.

Actualmente existen dispositivos similares a Smartplug, capaces de controlar enchufes utilizando una aplicación móvil. En el último año han aparecido modelos de las marcas D-Link y Belkin ([9][10]), y grandes empresas como Samsung o Siemens están desarrollando proyectos semejantes. Después de

analizar los dispositivos disponibles en el mercado, se han formulado los requisitos y restricciones del producto a diseñar:

- Modular: se compone de un módulo estándar encargado de las funcionalidades generales. Sobre él se pueden añadir módulos especializados de forma que el sistema es fácilmente ampliable y versátil.
- Personalización y sensorización. En los módulos especializados se incluyen diferentes sensores. Los usuarios pueden escoger entre módulos ya disponibles o desarrollar uno propio eligiendo sus propios sensores.
- Preparado para desarrolladores: el código de los programas de control es libre y comentado para facilitar el desarrollo. Se han desarrollado dos aplicaciones o módulos específicos (control ambiental y gestión de alarmas) con el fin de servir de guía de desarrollo.
- Conectar y listo: Solo es necesario enchufarlo, no necesita ningún tipo de infraestructura física. Además, tampoco requiere la instalación de software, la gestión remota tan solo requiere de un navegador web que soporte HTML5. Toda su gestión y control se realiza mediante un servidor web que el mismo integra.
- Compatible con cualquier dispositivo: Las páginas están desarrolladas con estilo adaptable a diferentes tipos de pantalla, se puede utilizar un smartphone, tablet o PC, con sistemas operativos como: Linux, Windows, Android, Mac OS...
- Conectividad: Puede actuar como punto de acceso y como cliente WIFI, lo que le permite un acceso desde Internet.

El diagrama general de Smartplug se puede ver en la Figura 4.



Figura 4 Diagrama general de Smartplug

##### A. Descripción del hardware del módulo estándar

El módulo estándar es la base sobre la que se han desarrollado los módulos especializados. Contiene en hardware y software comunes a todos los módulos y que realizan las funciones esenciales.



El hardware de este módulo está compuesto por un sistema mecánico y un sistema electrónico.

El sistema mecánico o carcasa (Figura 5) está formado base de cuatro enchufes estándar (modelo Aki 9667776, en color blanco en Figura 5) que ha sido modificada para poder contener todos los elementos del sistema. La carcasa original cuenta con cuatro enchufes y una clavija. Se han separados las piezas y se han insertado unas paredes y elementos interno para albergar los circuitos electrónicos que constituirán Smartplug. La piezas mecánicas adicionales son todas de plástico y han sido realizadas con una impresora 3D y diseñadas en Catia.

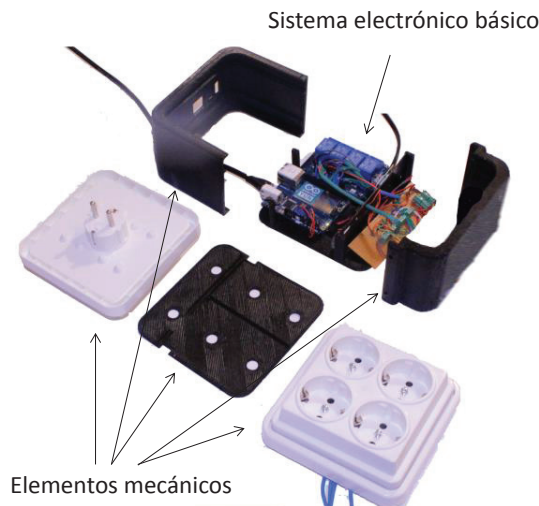


Figura 5 Módulo estándar de Smartplug.

El sistema electrónico básico está constituido por los siguientes elementos:

- Unidad central de control formada por una tarjeta Arduino Yun (Figura 6). Su función es procesar la información recibida desde el entorno web y desde los dispositivos conectados a él, y ejecutar los procesos pertinentes. La tarjeta Arduino Yun alberga un microcontrolador ATmega32U4 y un microprocesador AR9331 con una imagen de Linino (una distribución de linux para microcontroladores). Las comunicaciones web dependen del microprocesador AR9331, el microprocesador de linux que utilizando la red WIFI recibe información de las páginas web y la procesa para enviarla utilizando el Bridge al microcontrolador ATmega32U4. Este microcontrolador se encarga de ejecutar en los relés y en el reloj las órdenes recibidas de acuerdo con la programación
- Placa de relés Su función es controlar el estado de los enchufes según las señales enviadas desde el Arduino.
- Su función es proporcionar la hora y fecha actual independientemente de que el dispositivo esté conectado a Internet. El reloj se utiliza para el modo de programación de los relés en intervalos horarios.
- Elementos auxiliares: fuente de alimentación estándar de 5V, leds de señalización y zumbador.

## B. Software del módulo estándar

El software del módulo estándar se divide en dos partes: la relacionada con el ATmega32U4 y la relacionada con el AR9331 (Figura 6).

El ATmega32U4 contiene toda la programación relacionada con el control de los dispositivos conectados a los pines del Arduino. Se encarga de procesar las órdenes recibidas a través del Bridge, y ejecutarlas en los distintos dispositivos (reloj y relés en el módulo general). Además se encarga de leer la información de los dispositivos y transmitirla utilizando el Bridge al entorno web que corre en el procesador AR9331.

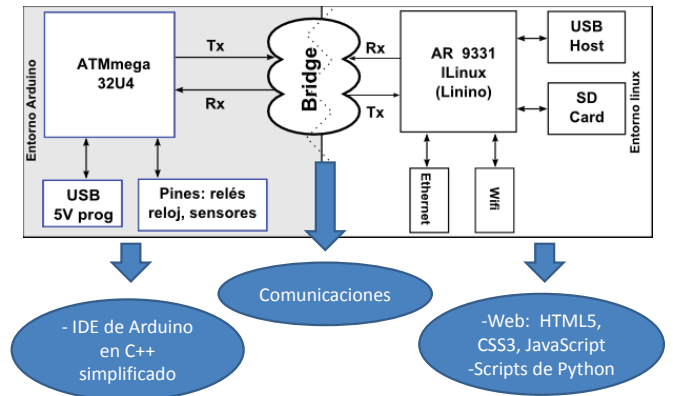


Figura 6 Esquema de la unidad central de control (Arduino Yun)

El microcontrolador AR9331 es el encargado de ejecutar los scripts en Python, leer y escribir en la tarjeta microSD, y actuar como servidor web.

Las páginas web (Figura 7) se encuentran diseñadas usando el estándar HTML5, Javascript y hojas de estilos siguiendo el estándar CSS3. Esto ha permitido desarrollar páginas cuyo diseño sea adaptable tanto a teléfonos móviles como a tablets y ordenadores, es decir son adaptables a cualquier dispositivo independientemente del tipo de pantalla y del sistema operativo siempre y cuando se tenga un navegador compatible con HTML5 como: Safari 5.1, Chrome 18, Internet Explorer 9, Firefox 12, Opera 11.6 y versiones sucesivas.

## C. Módulos especializados

Los módulos especializados se crean para incrementar las funcionalidades del módulo estándar a través de la adición de sensores y la modificación del software del módulo estándar (programa del ATmega32U y páginas web).

Como guía para futuros desarrolladores se proponen dos módulos:

- El módulo de control ambiental incorpora un sensor de temperatura y humedad. Se puede programar la conexión y desconexión de los enchufes en base a las lecturas de estos sensores y generan mensajes de alarma cuando sus valores exceden unos límites predeterminados (Figura 7).
- El módulo de alarmas (Figura 8) incluye un sensor de presencia y sensor de gas. La programación se puede realizar por presencia o por disparo de alarma de gas. Además el software es capaz de crear notificaciones por email cuando ocurre un evento de alarma.



Figura 7 Ejemplo de página web para programación por temperatura en el módulo ambiental



Figura 8 Smartplug módulo de alarma: en la parte derecho se encuentran situados el sensor de gas y el de presencia.

#### D. Aspectos docentes

El carácter multidisciplinario y la elaboración de un producto terminado son los aspectos docentes más notables de este trabajo fin de grado.

Este proyecto está orientado hacia la electrónica y programación, con un componente mecánico más reducido, pero muy importante en el diseño del producto final. Por un lado el sistema electrónico está muy relacionado con la instrumentación y los sistemas basados en microcontroladores. Por otro lado, la aplicación y la interacción vía web con el sistema tiene una gran carga de programación. Desde este punto de vista destaca la utilización de varios lenguajes de programación.

Desde un punto de vista más global, un valor importante de este proyecto es la integración de elementos disponibles en el mercado para crear un sistema complejo, incluyendo modificaciones diseñadas ad-hoc (carcasa).

Además del carácter multidisciplinario, este proyecto destaca por su orientación industrial y comercial. El dispositivo diseñado es comparable a las alternativas existentes en el mercado, ofreciendo en algunos casos prestaciones superiores, como puede ser la posibilidad de servir como plataforma de desarrollo. Con una reorientación adecuada un trabajo como este puede ser el germen de una idea emprendedora e innovadora comercialmente viable.

Desde el punto de vista de las herramientas *open source*, este proyecto destaca por el uso de la plataforma Arduino en su versión más orientada al Internet of Things, Arduino Yun. El conocimiento previo por parte de la alumna ha sido importante en el desarrollo del proyecto, ya que se ha llevado a cabo en paralelo con la asignatura de Sistema Electrónicos Digitales, en la que se abordan los Microprocesadores.

#### V. CONCLUSIONES

Se han descrito dos trabajos fin de grado para el Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales. Por un lado se ha descrito un extrusor para plástico de impresoras 3D y por otro lado se ha descrito un enchufe domótico, denominado SmartPlug. El Grado en el que se han desarrollado estos Trabajos de Fina de Grado tiene como una de sus características diferenciales el carácter multidisciplinario.

Como punto en común ambos trabajos tiene que se ha desarrollado una idea desde su concepción hasta su realización física en prototipos totalmente funcionales, que pueden ser reproducidos por otras personas e incluso pueden tener interés comercial.

En ambos casos el desarrollo de los proyectos ha implicado la interrelación de varias asignaturas y la utilización de herramientas *open source*, que tiene un bajo coste y una gran comunidad de usuario que las soportan. Algunas de estas herramientas eran conocidas previamente por los alumnos, lo que ha completado los conocimientos proporcionados en las asignaturas del Grado y ha hecho posible la realización de los proyectos descritos.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] "Do It With Others - Maker Community Manifesto" . [Online] [www.forbes.com](http://www.forbes.com) [Acceso: febrero 2015]
- [2] "Maker Movement Reinvents Education" . [Online] [www.newsweek.com](http://www.newsweek.com) [Acceso: febrero 2015]
- [3] Project High Tech High, San Diego County (California, EEUU) . [Online]. <http://www.hightechhigh.org/> [Acceso: febrero 2015]
- [4] "Diseño, control y construcción de un extrusor de filamento para impresión 3D" Diego Trapero Moreno, Trabajo Fin de Grado, Universidad Carlos III de Madrid, 2014
- [5] "LYMAN FILAMENT EXTRUDER by hlyman - Thingiverse," H. Lyman, 2012. [Online]. <http://www.thingiverse.com/thing:30642>. [Acceso: 21-Sep-2014].
- [6] T. Elmore, "Filastruder development thread," 2012. [Online]. <http://www.soliforum.com/post/4783/#p4783>. [Acceso: 21-Sep-2014].
- [7] [https://github.com/diegotrap/filament\\_extruder/](https://github.com/diegotrap/filament_extruder/) [Acceso marzo 2015]
- [8] "Enchufe domótico Smartplug : El enchufe inteligente" Susana Niclos, Trabajo Fin de Grado, Universidad Carlos III de Madrid, 2014
- [9] D-link, (2014). D-Link. Consultada 07/09/2014, <http://www.dlink.com/us/en/home-solutions/share/network-attached-storage/dsp-w215>.
- [10] Belkin, (2014). Belkin. Consultada 07/09/2014, en <http://www.belkin.com/us/F7C029-Belkin/p/P-F7C029/>.