Proyecto de laboratorio para la enseñanza de Instrumentación Electrónica en el grado en Organización Industrial

Luis E. Eguizábal Gándara, Alfonso Lago Ferreiro, Andrés A. Nogueiras Meléndez
Departamento de Tecnología Electrónica. Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad de Vigo. Vigo, España

***Abstract*— En este artículo se presenta un nuevo proyecto de laboratorio adaptado a la enseñanza de la materia de Instrumentación Electrónica para el grado en Ingeniería en Organización Industrial. Con el objetivo de hacer más interesante esta materia a los estudiantes, se propone adaptar sus contenidos al perfil de este grado. Se han desarrollado una serie de actividades, que fusionan conocimientos de Instrumentación Electrónica y Organización Empresarial.**

A new laboratory project, aimed for teaching electronic instrumentation in the management engineer degree is presented. To make this subject more interesting to students it is necessary to adapt its contents to the profile of the degree and the skills already acquired. To achieve these goals, a series of activities that merge knowledge of electronic instrumentation and business organization, were created.

Keywords*— *Mixed learning resources for engineering teaching; Electronic Instrumentation; Data Acquisition System; ERP; RFID; Manufacturing Process Simulation.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta un nuevo trabajo de laboratorio para la materia de Instrumentación Electrónica en el grado en Ingeniería en Organización Industrial.

El Grado en Ingeniería en Organización Industrial de la Universidad de Vigo capacita para organizar sistemas productivos, y gestionar los recursos que se ven implicados dentro de las actividades industriales y de servicios. Entre las principales salidas profesionales cabe destacar: la gestión de la producción, la mejora de los procesos, gestión de aprovisionamientos, gestión de la calidad, etc.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de créditos del plan de estudios.

TABLA I. DISTRIBUCCIÓN DE CRÉDITOS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Tipo de materia	Créditos ECTS
Formación básica	60
Materias obligatorias	126
Materias optativas (Incluye prácticas en empresa)	42
Trabajo de Fin de Grado	12
Total	240

La materia Instrumentación Electrónica es una materia de 6 créditos que se enmarca dentro de las materias optativas que se imparten en el sexto semestre de la titulación. Dentro de la formación básica del grado en Organización Industrial, se imparte en segundo curso la materia de Tecnología Electrónica, donde se proporciona al alumnado los conocimientos básicos sobre esta tecnología.

La Instrumentación Electrónica es una materia habitual dentro del grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, en la que se imparten dos grandes bloques de conocimientos:

- El estudio de sensores y los sistemas electrónicos de acondicionamiento de señales, para proporcionar información adecuada para los sistemas control de procesos.
- Los equipos de instrumentación y sus métodos de interconexión (buses de instrumentación).

En la guía docente de la materia, se propuso como objetivo principal, hacerla útil e interesante a las particularidades de la titulación en Organización Industrial. Como se mostrará a lo largo de este artículo, se proponen un conjunto de acciones que tratan de buscar sinergias, entre los objetivos fundamentales de la titulación y las competencias propias de la materia.

II. LA INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA EN EL GRADO DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Tal como se indicó en la introducción, la Instrumentación Electrónica es una materia de optativa de 6 créditos ECTS. Para impartir la docencia se dispone de un total de 60 horas presenciales en un cuatrimestre, repartidas en 37,5 horas para la docencia teórica y 22,5 horas para la parte práctica.

En cuanto a la docencia teórica, se emplean sesiones magistrales y actividades de resolución de problemas, para impartir los siguientes temas:

- *Introducción a la Instrumentación Electrónica*. Descripción por bloques de la estructura de un sistema de control de un proceso industrial. Necesidad del tratamiento de las señales que intervienen en el control de dicho proceso. Introducción a los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD). Ruido y distorsión en un sistema de medida.

- *Sensores*. Definición, clasificación y estudio de las características de funcionamiento y criterios de selección.
- *Circuitos de acondicionamiento*. Amplificación de señales, filtrado, conversión Analógica/ Digital (A/D) y conversión Digital/Analógica (D/A), circuitos auxiliares de instrumentación, elementos de muestreo y retención (Sample and Hold S&H), multiplexado de señales analógicas.
- *Sistemas de adquisición de datos.* Generalidades, elementos básicos, configuraciones típicas, sistemas monolíticos de adquisición de datos, sistema de adquisición inalámbricos.
- *Sistemas de captura de datos para la identificación, trazabilidad y mejora procesos.* Códigos de barras, Identificación por Radio Frecuencia (RFID), Near Field Comunication (NFC).
- *Equipos de instrumentación*. Clasificación, sistemas basados en instrumentos autónomos, instrumentación modular, buses de instrumentación, sistemas basados en tarjetas de adquisición de datos, Datalogger.

A la formación habitual en asignaturas de Instrumentación Electrónica, se ha añadido el tema de *sistemas de captura de datos* porque es de particular interés para los alumnos de la titulación. Además, los conocimientos desarrollados en este tema se emplearán en el trabajo tutelado que se presenta en este artículo.

En cuanto a la parte práctica de la materia, se realizan en sesiones de dos horas, en grupos de dos alumnos y se plantean las siguientes actividades de laboratorio:

1) **Prácticas guiadas**. En ellas se entrega al alumno una memoria en la que explica las activades a desarrollar. En total se realizan tres prácticas de este tipo:

- *Circuitos con Amplificadores Operacionales (A.O.).* El A.O. es el componente electrónico básico, para la implementación de los circuitos de acondicionamiento de señales. En esta práctica se estudiarán montajes básicos lineales y no lineales con A.O.
- *Introducción a la instrumentación Virtual. LabVIEW.* Descripción general del software, panel frontal y diagramas de bloques. Descripción de los principales tipos de datos y estructuras de programación.
- *Aplicación del LabVIEW con equipos de instrumentación electrónica comerciales: Tarjetas de Adquisición de Datos (TAD) y datalogger.* Descripción de la TAD NI 6008 y del datalogger DT80. Ejemplo de aplicación basado en LabVIEW.
- *Sistema de adquisición de datos para la medida de temperatura.* Se implementará el hardware necesario para el acondicionamiento de un sensor de temperatura PT1000.

2) **Trabajos tutelados**. Una vez realizadas las prácticas guiadas, se oferta a los alumnos elegir entre dos trabajos:

- *Supervisión y control de una variable física mediante TAD.* Este trabajo se basa en la utilización de unas maquetas para el estudio de sensores. Los alumnos tendrán que realizar el hardware de acondicionamiento y el software para adquirir la señal medida mediante una TAD, empleando para ello un programa realizado en LabVIEW.
- *Sistema de captura de datos basado en OpenERP.* La descripción de este trabajo tutelado es el objeto fundamental de este artículo. En los siguientes puntos se describe en detalle.

El 80% de los alumnos de la asignatura eligen este último por los siguientes motivos:

1) Porque lo creen más interesante para su formación.
2) Porque muestran un gran interés en el estudio de software de gestión de empresarial (ERP).
3) Porque incrementa sus conocimientos en sistemas de captura de datos.

En la tabla II, se muestra en detalle el reparto de los 6 créditos ECTS, en horas presenciales y horas de trabajo reales propias de los alumnos teniendo en cuenta las semanas laborables.

TABLA II. DISTRIBUCCIÓN ENTRE CRÉDITOS PRESENCIALES Y NO PRESENCIALES

Planificación docente			
	Hora en aula	**Hora fuera del aula**	**Horas totales**
Sesión magistral	30	8	**38**
Resolución de problemas	6	4	10
Prácticas de laboratorio	8	2	10
Trabajos tutelados	12	44	56
Exámenes	**4**	**32**	**36**

Tal como se indica en dicha tabla, la carga docente total del alumno en los trabajos tutelados es de 56 horas, 12 horas presenciales en el laboratorio y 44 de dedicación propia.

III. TRABAJO DE LABORATORIO

Este trabajo se plantea con la idea de buscar una actividad que una los conocimientos desarrollados en la asignatura Instrumentación Electrónica como son, los Sistemas de Captura de Datos (SCD), con los del grado en Organización Industrial,

como puede ser la utilización de software ERP. De esta forma se propone a cada uno de los grupos de prácticas un ejercicio que consiste en estudiar una actividad empresarial. Por ejemplo, el control de la producción de un taller de fabricación. El trabajo a realizar se basa en utilizar el SCD y el software de gestión empresarial para analizar y tratar de mejorar el proceso. A continuación, se describirán cada una de las etapas de realización del trabajo.

A. *Descripción del software de gestión empresarial OpenERP.* Se dedica aproximadamente una sesión de prácticas de dos horas para explicar el programa de gestión empresarial OpenERP. Se ha selecciona este ERP porque es una aplicación de software libre que puede ser instalada e utilizada sin coste alguno. Además para acceder a la aplicación, sólo es necesario tener instalado en el ordenador cliente un navegador. Estas dos razones facilitan enormemente el trabajo a los alumnos ya que pueden instalar en su propio ordenador un servidor de OpenERP o bien, acceder a un servidor disponible en el laboratorio de prácticas. Cada uno de los grupos de prácticas deben crear su propia empresa (BBDD) y configurarla en función de su caso de estudio particular. En la figura 1, se muestra una imagen de OpenERP para la creación de un pedido de venta de un artículo. En la parte superior de la figura se encuentra el menú con los módulos de gestión instalados: producción, ventas, compras, contabilidad, etc; y en el lado izquierdo, el menú propio del módulo activo; en este caso ventas.

Cada grupo deberá realizar los siguientes procesos de configuración:

1) Definición de los artículos. Se crearán las materias primas, los artículos semielaborados y los productos finales. Así como las relaciones entre los mismos y las listas de materiales.

2) Definición de clientes y proveedores.

3) Configuración de las opciones de los módulos a utilizar. Al ser OpenERP un software de gestión estándar es necesario configurar los módulos en función de la forma de trabajar de la empresa. Por ejermplo, a la hora de definir la estructura de un taller de fabricación, puede ser necesario definir centros de producción o no.

4) Configuración de la contabilidad de la empresa. Al instalar el módulo de contabilidad se crea automáticamente el plan contable español. Para que se generen los asientos contables correctamente con cada una de la operaciones que muevan la contabilidad de la empresa, se ralizará una serie de ajustes de configuración, como son: la creación de los bancos, las cuentas para cada uno de clientes-proveedores, los métodos de pago, etc.

Existe numerosa literatura sobre los ERP y su aplicación al mundo de la empresa y de la educación. En [1] se aporta un trabajo sobre el control de la producción basado en ERP, para una aplicación docente que sirve para el estudio de nuevas técnicas de control de procesos de fabricación.

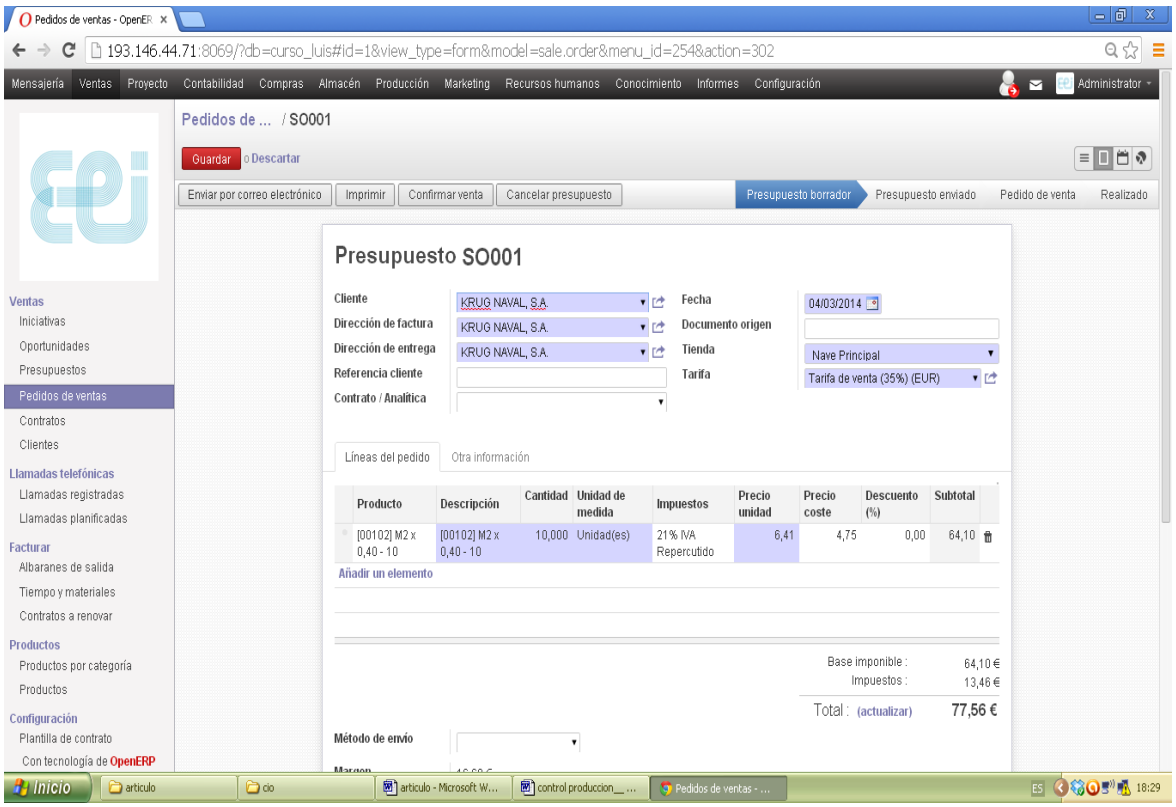


Fig. 1. Detalle del OpenERP para la realización de un pedido de venta

B. Definición del Sistema de Captura de Datos (SCD). A cada grupo se le dará la posibilidad de elegir el sistema de captura de datos que mejor se adapte a su aplicación. Podrán optar entre dos tipos de tecnologías de captura.

1) Tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia). El RFID permite identificar artículos, sin contacto óptico entre el lector y la etiqueta, mediante radiofrecuencia. Esta tecnología ha ido generalizando su uso a medida que se iban abaratando las etiquetas (tags), en estos momentos se pueden encontrar a precios inferiores a 0,08€ por etiqueta. Estas dos características hacen al RFID una herramienta idónea para la implementación de sistemas de recogida de datos. Existe numerosa literatura donde se analiza la aportación del RFID a la gestión empresarial, desde la cadena de suministro [2] hasta los procesos de producción [3] y [4].

En toda aplicación RFID existen tres componentes básicos: las etiquetas, los lectores-escritores de etiquetas y el software de gestión de datos. En la figura 2, se muestra la estructura más habitual de los sistemas RFID.

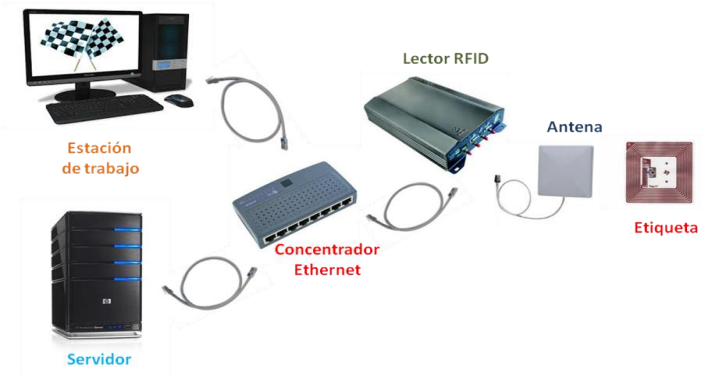


Fig. 2. Estructura de un sistema de captura basado en tecnología RFID

Los parámetros más importantes que se analizan a la hora de abordar una implantación RFID son:

- Elección de la frecuencia de funcionamiento del sistema RFID. La frecuencia marcará la distancia de lectura entre el lector y la etiqueta. En estos trabajos la lectura se realizará a distancias cortas, del orden de centímetros.
- Selección del tipo de etiquetas. Se pueden clasificar: en pasivas (muy sencillas, baratas y sin batería) y activas (más complicadas, con baterías, pero cuya distancia de lectura es mucho mayor). Entre ambas existe la variante de las semiactivas.
- Consideración de los elementos o ítems, en los que se van a colocar las etiquetas: artículos, herramientas o simplemente los papeles.

Para la implementación de nuestro SCD, se emplearán etiquetas High Frecuency (HF) de bajo coste e imprimibles con impresoras RFID convencionales, que se pegarán en los documentos que se emplean para controlar la evolución de los distintos procesos empresariales: órdenes de fabricación, partes de obra o reparación, partes de horas de operarios, etc. Los lectores serán también de bajo coste de tipo embebidos (Embedded RFID Readers).

A la hora de desplegar la red de datos se buscó una opción que permitiese su fácil implementación y un coste reducido. Además el sistema de captura no va a generar un elevado volumen de datos, por lo que no serán necesarias altas velocidades de transmisión. Después de analizar distintas posibilidades de redes de datos inalámbricas (Bluetooth, WiFi, GSM/GPRS, etc.) se decidió emplear ZigBee, basada en el estándar IEEE 802.15.4, ya que cumple todos los parámetros requeridos para esta aplicación: ancho de banda, tamaño de la red (distancia entre nodos y su número) y consumo de los nodos [6].

Este estándar define dos tipos de dispositivos:

- Dispositivos de funcionalidad completa (Full Function Device, FFD).
- Dispositivos de Funcionalidad Reducida (Reduced Function Device, RFD). Este componente es muy interesante a la hora de implementar redes de sensores sin hilos porque permite dormir o poner el dispositivo en bajo consumo, con lo que se puede alargar su vida cuando están alimentados con baterías.

Un FFD puede funcionar como coordinador de red PAN (Personal Área Network) encargándose de gestionar toda la red; como router, actuando de puente para aumentar el tamaño de la red o como Dispositivo Final (End Device). Los FFD´s pueden comunicarse con cualquiera de estos tres tipos de dispositivos. Sin embargo un RFD suele ser un dispositivo más simple, con menor capacidad para realizar tareas complejas o de larga duración.

En [5] se presenta una descripción detallada de las redes bajo la norma IEEE 802.15.4, y sus posibles aplicaciones. Así mismo, en los trabajos [6] y [7] se aborda el empleo de las tecnologías RFID y ZigBee para monitorizar sistemas de fabricación.

Para este trabajo se ha desarrollado una red ZigBee en configuración en estrella; es decir, con un coordinador de red Access Point (AP) y tantos dispositivos finales (Router/End Device) como sea necesario en función de los puntos de captura. En estos dispositivos finales se implementan los lectores RFID. Por lo tanto, serán los puntos donde se recogerá la información de las etiquetas. El AP se conectará directamente al puerto USB del PC y se encargará de recopilar la información de toda la red.

En la figura 3, se muestra el hardware desarrollado para la implementación de los dispositivos Router/End Device, elementos encargados de hacer la lectura de las tarjetas RFID. En dicha figura se puede observar: el lector RFID del fabricante Skyetek, el modem ZigBee de Digi International y el microcontrolador Atmel AVR, que hace de interface entre los dos dispositivos anteriores. En la referencia [5] se presenta una aplicación de captura de datos para plantas de fabricación en configuración de talleres funcionales (Job-Shop), que emplea

como elemento de captura lectores RFID, y la tecnología ZigBee como redes de comunicación.

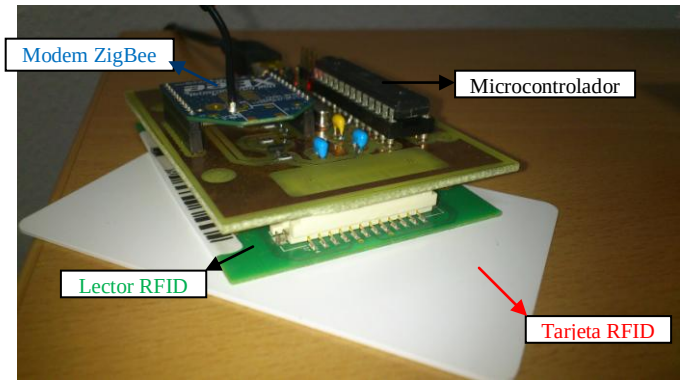


Fig. 3. Detalle del lector RFID-transmisor ZigBee desarrollado

Captura de datos basado en tecnología NFC. La otra posibilidad que se plantea para implementar el sistema de captura de datos, es el empleo de la tecnología de comunicación inalámbrica NFC. Hoy en día, estos lectores están disponibles en muchos terminales de comunicación comerciales como teléfonos móviles, tabletas, etc.. Este tipo de comunicación está basada en standard ISO 14443 y puede ser empleada, al igual que los sistemas RFID tradicionales, para la identificación de artículos mediante la lectura de etiquetas. El protocolo NFC permite la conexión entre dos dispositivos lectores. Por ejemplo, dos teléfonos móviles para el intercambio de datos entre ambos. Sin embargo, en la actualidad, solo permite la comunicación entre dispositivos empleando alta frecuencia (13,56 MHz), lo que limita la distancia de lectura de etiquetas a 10 cm, a diferencia del protocolo RFID que permite lecturas del orden de metros.

Otro gran avance respecto a otros tipos de protocolos RFID es que permite grabar en las etiquetas, además de códigos de identificación, acciones que se ejecutarán en el dispositivo lector como: abrir sitios web, enviar correos electrónicos, conectarse a la redes sociales, activar la red wifi del dispositvo, etc. Asimismo, permite conectar dos dispositivos lectores y transmitir la información.

Fig. 4. Detalle módulo de producción OpenERP en tablet

Para el trabajo planteado de laboratorio, la ventaja de emplear esta tecnología en lugar de los lectores RFID presentados en el punto anterior, radica en que desde la propia tableta se puede acceder al OpenERP, de tal manera que la integración de datos desde el lector NFC en el software de gestión empresarial, es mucho más sencilla. En la figura 4, se muestra un detalle de los centros de producción definidos en el módulo de producción de OpenERP desde una tablet que incorpora tecnología NFC.

Para incorporar los datos procedentes de los lectores NFC de las tabletas, se ha desarrollado un aplicación para el SO Android. Ésta se encarga de realizar la lectura de las etiquetas NFC y pasar la información directamente a la BBDD de OpenERP. Para la lectura, se han empleado las API (Interface para Programación de Aplicaciones) incluidas dentro del propio sistema Android. La BBDD que emplea OpenERP es PostgreSQL, de software de código abierto, a la cuál es posible acceder directamente empleando sentencias SQL.

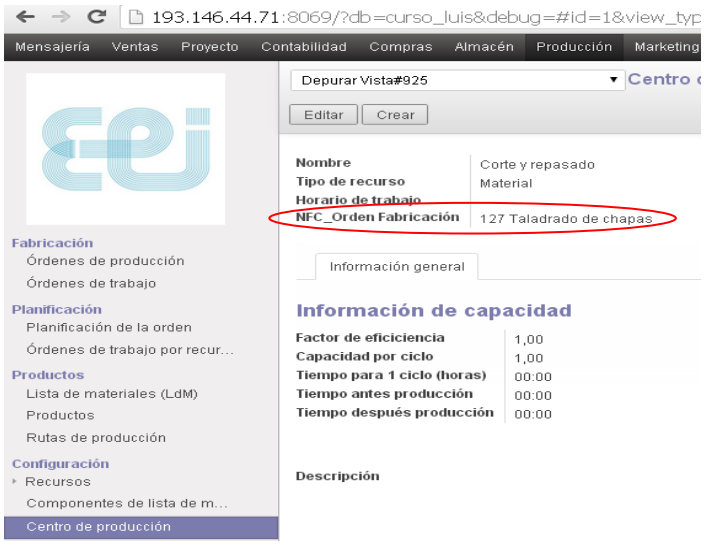


Fig. 5. OpenERP. Detalle del campo añadido para la recogida de los datos de los lectores NFC

Con la finalidad de añadir la información de las etiquetas NFC en el sistema de gestión OpenERP, se han realizado los siguientes modificaciones:

- En las tablas de BBDD adecuadas, se han creado nuevos campos, para el registro de los datos NFC.
- Se han cambiado vistas del software de gestión, empleando programación XML, para hacer visibles los datos de los lectores NFC.

En la figura 5, se muestra un detalle del formulario de OpenERP, donde se visualizan los centros de trabajo. Se puede observar el campo añadido, donde se refleja el dato correspondiente al lector NFC. En la referencia [8] se aporta un trabajo en el que se emplea la tecnología NFC para obtener información de talleres de fabricación.

C. Definición del proceso de negocio a estudiar. En esta fase se propone a cada grupo de prácticas, un caso de trabajo que implique la utilización de un sistema de captura de datos y la integración de los datos recopilados en el software de gestión empresarial OpenERP. El caso de estudio puede ser real, a veces propuesto por los propios alumnos, o ficticio. Los casos más habituales que se suelen plantear son relativos a dos situaciones:

1) Estudio de una planta de fabricación para realizar el control de la producción. Se plantea la fabricación de un determinado artículo. Por ejemplo, la elaboración de bicicletas o bidones de acero. En este ejercicio los alumnos tendrán que trabajar con el módulo de producción definiendo, en función de los pedidos de ventas:

a) La estructura del taller de fabricación. Definición de los centros de fabricación y sus capacidades.

b) Definición de los artículos. En OpenERP a la hora de definir un nuevo artículo (materia prima, producto semielaborado o producto terminado) se indica su método de abastecimiento, especificando:

- Si el artículo se compra en el exterior o es de fabricación interna.
- Si el artículo se obtiene a través de stock o mediante un pedido de compra.

En la figura 6, se muestra la especificación de abastecimiento de un artículo de fabricación propia y que su demanda se atiende mediante pedidos de compra.

c) Las listas de materiales. Para los artículos, que son de fabricación propia, se señala cuáles son sus componentes y cantidades de los mismos.

d) Rutas de fabricación. En la elaboración de un determinado producto se define cuales son los centros de producción por los que ha de pasar para llevar a cabo el proceso de fabricación.

Si los pasos anteriores se han realizado correctamente cuando se introduce en el sistema un nuevo pedido de venta, que lleve asociado proceso de fabricación, se generarán de forma automática:

a) Las órdenes de fabricación. Por cada producto el sistema genera una orden de fabricación. Además, si el producto pasa por varios centros de trabajo, cada orden se desglosará en varias (una por centro de trabajo).

b) La gestión de los almacenes. Se comprueba si en el almacén están disponibles suficientes existencias para atender el nuevo pedido de venta. De no ser así, se generan los pedidos de compra para atender la demanda de artículos que se adquieren externamente.

Con los datos recopilados por el SCD y la información introducida en el OpenERP, los alumnos elaborarán una aplicación que permita realizar:

- Gestión de activos. Permite conocer en todo momento que Órdenes de Fabricación (OF) se están ejecutando en cada máquina, los materiales que se utilizan y el operario que está trabajando con dicha OF. También informa sobre las OF que están en espera en cada máquina, cuándo se recepcionan las materias primas, cuándo llegan materiales de operaciones externas, etc. La etiqueta NFC se coloca sobre la OF para controlar en qué punto del proceso está la orden de fabricación.
- Medición de tiempos, cálculo de indicadores y costes de fabricación. Con el sistema de captura de datos, se mide de forma automática e inmediata los tiempos de inactividad y actividad de una OF. Estos datos permiten calcular indicadores de productividad tales como: la disponibilidad, tiempos de avería, tiempo total destinado a producción, o medidores como la OEE (Overall Equipment Efficiency).

Fig. 6. Detalle de los métodos de abastecimiento de un artículo

En la figura 7, se puede observar un sinóptico de una planta estudiada, obtenido en base a los datos de los lectores inalámbricos. En ella se pueden apreciar las máquinas que están en marcha (color verde, se detecta OF y operario), en espera (color amarillo, sólo se detecta OF) y paradas (color rojo, no se detecta ni OF, ni operario).

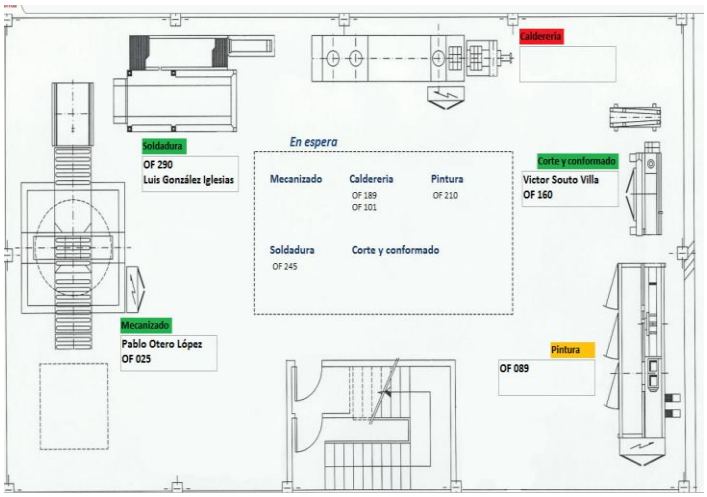


Fig. 7. Detalle control de la producción en una planta de ejemplo

2) Estudio para la gestión de proyectos. Esta segunda posibilidad que se les plantea a los alumnos consiste en trabajar con el módulo de gestión de proyectos, en lugar de hacerlo con el módulo de producción. Éste permite tratar tareas que no son repetitivas, si no que son únicas. Algunos ejemplos de procesos empresariales que se analizan por proyectos son: la gestión de reparaciones, la construcción naval, etc.

En la gestión de proyectos los alumnos definen:

a) Los subproyectos en los que se divide cada proyecto de reparación y su duración.

b) Las tareas a realizar en cada uno de los subproyectos. En este apartado deben indicar:

- La duración estimada de las tareas.
- Los operarios encargados de ejecutarlas.
- Los materiales necesarios para su realización.
- Las cuentas analíticas. Para llevar la gestión contable de los proyectos en OpenERP los alumnos utilizan cuentas analíticas para poder imputar cada uno de los costes del proyecto.

A medida que van realizando cada una de las tareas, se simula su ejecución introduciendo en el sistema:

- Los partes de horas empleados en la realización de cada una de las tareas.
- La confirmación de los materiales empleados.

Con el OpenERP así configurado los alumnos, empleando el sistema de captura de datos basado en tecnología NFC, simulan la ejecución de las distintas tareas de reparación, la gestión de las compras necesarias y el cálculo de los costes de realización de los proyectos. Un vez ejecutado todo el proceso, se llevará a cabo el pedido de venta del proyecto.

En la figura 8, se puede observar un detalle de la definición de una tarea de un proyecto.

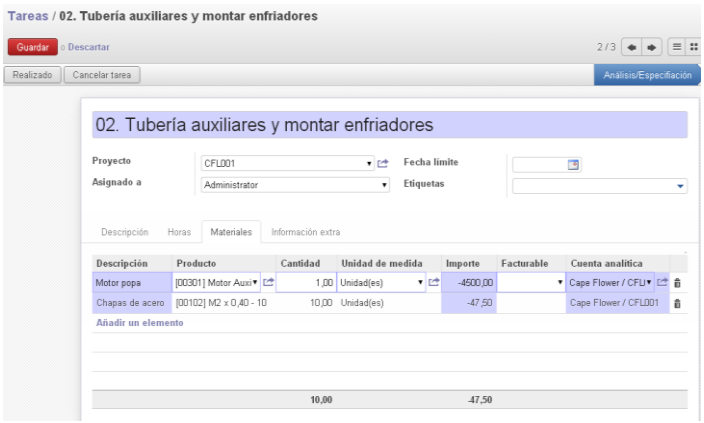


Fig. 8. Detalle del formulario para la introducción de las tareas de proyectos

IV. Resultados obtenidos

Para la evaluación de la asignatura, y en particular de los resultados obtenidos con la realización de estos trabajos de prácticas, se han empleado dos métodos:

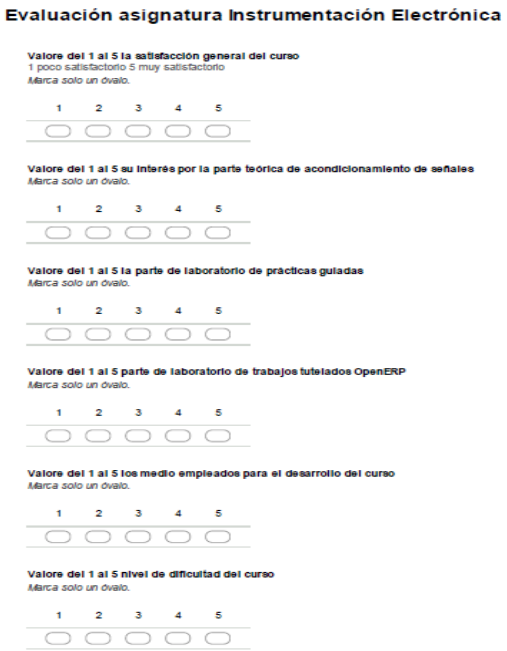
1) Análisis de la calificaciones obtenidas. La evaluación de la asignatura Instrumentación Electrónica se realiza de la siguiente manera:

- Examen de la parte teórica de la asignatura. Esta prueba se realiza mediante un sistema mixto, de preguntas cortas de tipo test y un problema sobre SAD. Esta prueba se puntúa con 5 puntos sobre 10.
- Evaluación de las prácticas guiadas. Se realiza una evaluación continua de los ejercicios de laboratorio, con una nota de 2 puntos sobre 10.
- Evaluación del trabajo tutelado. Este se puntúa en tres apartados: configuración del OpenERP, integración de datos en software de gestión y los resultados obtenidos con la gestión de la producción o la gestión de proyectos. Con una nota de 3 puntos sobre 10.

En cuanto a la evaluación de los trabajos tutelados se ha obtenido una nota media de 2,6 puntos sobre 3. Se destaca el interés del alumnado en esta parte.

Todos los alumnos han realizado las tres partes evaluables del mismo.

2) Análisis de la encuestas de evaluación. Al finalizar el cuatrimestre se ha realizado una encuesta empleando la aplicación de formularios de Google-Drive, evaluando los distintos apartados de la materia, tanto de la parte teórica, como práctica. En la figura 9 se puede observar un detalle del test realizado.



Evaluación asignatura Instrumentación Electrónica

Valore del 1 al 5 la satisfacción general del curso
1 poco satisfactorio 5 muy satisfactorio
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Valore del 1 al 5 su interés por la parte teórica de acondicionamiento de señales
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Valore del 1 al 5 la parte de laboratorio de prácticas guiadas
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Valore del 1 al 5 parte de laboratorio de trabajos tutelados OpenERP
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Valore del 1 al 5 los medio empleados para el desarrollo del curso
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Valore del 1 al 5 nivel de dificultad del curso
Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

Fig. 9. Detalle del test de evaluación realizado a los alumnos.

Analizando las respuestas de los alumnos, se puede confirmar que el trabajo tutelado es la parte de la materia mejor valorada. La puntuación media obtenida es de 4,2 puntos sobre 5. La puntuación general de la asignatura es de 3,9 puntos.

V. CONCLUSIONES

El trabajo que se presenta en este artículo ha servido para adecuar la docencia de la materia Instrumentación Electrónica, que se imparte habitualmente en el Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial, a las particularidades del Grado en Ingeniería en Organización Industrial. Las modificaciones realizadas en la parte teórica, pero fundamentalmente en la parte práctica, han servido para incrementar el interés de los alumnos por la materia. Interés que se ha comprobado con el número de matriculados, que se ha incrementado del curso 2012/2013 al 2013/2014, en un 200%

Las mejoras también se perciben en las calificaciones de los alumnos, incrementándose de media un 13%. Los alumnos han valorado positivamente, el peso dado a la evaluación de la parte práctica, respecto a la teórica. También es destacable la sintonía alcanzada entre la parte teórica y la parte práctica de la materia. La realización de los ejercicios prácticos ha facilitado la consecución de los objetivos de la parte teórica.

REFERENCIAS

[1] Dumbrava S. “Manufacturing Control Laboratory with an embedded ERP application for educational purposes” IEEE International Conference on Computational Cybernetics, 2006.

[2] Xiaowei Z., Samar K., Mukhopadhyay B., “A review of RFID technology and its managerial applications in different industries.” Journal of Engineering and Technology Management, 29 (2012) 152–167.

[3] Duncan McFarlanea, Sanjay Sarmab, Jin Lung Chirna, C.Y. Wonga (2003) Auto ID systems and intelligent manufacturing control. Pergamon, Engineering Applications of Artificial Intelligence 16 365–376.

[4] Kurt Hozak, David A. Collier (2008) RFID as an Enabler of Improved Manufacturing Performance. Decision Sciences, Volume 39 Number 4 November 2008.

[5] Ed Callaway, Paul Gorday, and Lance Hester (August 2002) Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks. IEEE Communications Magazine.

[6] Eguizábal L., Lago A., “Desarrollo de un sistema de captura de datos para plantas de fabricación basado en tecnología inalámbricas” XX Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación, 2013.

[7] Ruan Q., Wensheng X., Gaoxiang W. “RFID and ZigBee based manufacturing monitoring system” International Conference on Electric Information an Control Engineering (ICEICE) 2011

[8] Ramanathan, R. , Imatiaz, J. “NFC in Industrial applications for Monitoring Plant Information” International Conference on Computing, Communications and Networking Technologies” 2013