

LA ADAPTACIÓN AL EEES DE LOS ESTUDIOS DE ESTADÍSTICA EN LA INGENIERÍA

**REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO METODOLÓGICO DE
CONTROL DE ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y FIABILIDAD**

Departamento de Métodos Estadísticos

Centro Politécnico Superior de Ingenieros

Universidad de Zaragoza

Clemente A. Campos (Coordinador)

Jesús Asín Lafuente

Lola Berrade Ursúa

Carmen Galé Pola

INDICE

1.- Descripción del trabajo

1.1.-Tareas realizadas

1.1.1.-Tareas de carácter transversal

1.2.2.-Tareas específicas sobre los contenidos de Control de Calidad y Fiabilidad

2.- Análisis de competencias

3.- Guía docente

4.- Valoración del proyecto

5.- Metodologías docentes

6.- Conclusiones

1.- Descripción del trabajo realizado

Este proyecto surge con el propósito de servir de orientación en el aprendizaje en las Técnicas y Metodologías Estadísticas aplicadas a la Calidad y Fiabilidad en el ámbito de las diferentes titulaciones de Ingeniería. Ha sido desarrollado a lo largo del curso 2005-06.

Los objetivos que se persiguen están auspiciados por las implicaciones que conlleva el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en la docencia, las cuales nos han de llevar a la reflexión acerca de cuáles son las actividades que habrán de llevarse a cabo con los estudiantes de Estadística, en el marco de la Calidad y Fiabilidad.

Para la ejecución de este proyecto, los miembros integrantes del equipo han llevado a cabo distintas reuniones para la planificación y seguimiento del trabajo. El contenido de las reuniones se resume en el siguiente esquema:

1ª.- Debate acerca de las competencias que ha de desarrollar un ingeniero y necesidades formativas que de ellas se derivan. La idea esencial surgida de este encuentro nos llevó a la búsqueda por INTERNET y posterior análisis de las asignaturas de Estadística orientadas a las aplicaciones de Calidad y Fiabilidad que se presentan en universidades representativas nacionales y extranjeras.

2ª.- Análisis de la información obtenida por los miembros del equipo. A partir de este punto se tomó constancia de los conocimientos insoslayables que deben figurar en el programa.

3ª.- Reflexiones metodológicas. Este reunión nos llevó a reafirmarnos en la necesidad de profundizar en el análisis de datos reales y el desarrollo de casos prácticos que propicien una mayor implicación del estudiante.

4ª.- **Conclusiones finales.** En esta reunión se perfilaron los contenidos del informe final y se apuntaron líneas de trabajo futuras. Destaca, entre otras reflexiones, la potencia que llevan consigo la lógica y el razonamiento estadístico que se han manifestado como indispensables más allá incluso de su utilidad en el ejercicio de las labores propiamente ingenieriles.

1.1.- Tareas realizadas

1.1.1 Tareas de carácter transversal

Entre las actividades que se plantearon en la propuesta de este proyecto, se encontraban algunas de carácter transversal referidas a lo que supone para el proceso enseñanza-aprendizaje la llegada del EEES; concretamente nos planteábamos la necesidad de una formación por parte del ICE, facilitando la documentación disponible, y también mediante la asistencia a un seminario de introducción al EEES. Se trataba de atender a cuestiones como las siguientes:

Qué supone el EEES en las titulaciones de Ingeniería, tanto en disciplinas básicas y a la vez con un fuerte carácter tecnológico, como es el caso de la Estadística cursada en las Escuelas de Ingenieros, como en la especialización que suponen actualmente las asignaturas optativas.

Qué universidades en Europa se pueden considerar como referencia.

Qué supone en relación con la renovación de contenidos, de técnicas de enseñanza, de actividades de los alumnos, de la acción tutorial,...

Qué oportunidades de mejora ofrece.

Cuáles son los principales inconvenientes para profesores y alumnos.

1) Con esta finalidad, los componentes del equipo asistimos y participamos los siguientes cursos impartidos por el ICE:

- Experiencia de trabajo en equipo docente y coordinación curricular en una titulación.
- Aprendizaje basado en proyectos (Project Based Learning) en la formación de Ingenieros.

- Elaboración de la Guía docente en el marco de la convergencia: cómo planificar nuestras clases para el aprendizaje autónomo y el trabajo por competencias.
- Introducción de competencias socio-profesionales en los estudios de grado.
- Experiencias con metodologías activas y cooperativas centradas en los estudiantes en las titulaciones de Ingeniería.
- Innovación docente potenciada por la tecnología en el proceso de convergencia europea.
- El diseño de la enseñanza para un aprendizaje autónomo.

El primero de los cursos anteriores nos ha servido de ayuda para realizar la guía docente de la Estadística aplicada a la Calidad y Fiabilidad, mediante la selección de objetivos y contenidos en función de las competencias a desarrollar por los alumnos en su profesión.

1.1.2 Tareas específicas sobre los contenidos

Nos planteamos reflexionar sobre la situación actual de la Estadística aplicada a la Calidad y Fiabilidad, con un análisis curricular que incluyera la opinión de alumnos de cursos recientes y de expertos externos, y juzgarla a la luz de la reforma que supone el EEES, con el objetivo de proponer acciones de mejora y adaptación. Además también nos planteamos analizar las líneas que debería seguir un egresado para obtener una especialización en Técnicas Estadísticas para la Calidad y Fiabilidad, bien desde asignaturas optativas o libre elección, bien con Proyectos de Fin de Carrera, cursos específicos de formación continua, cursos de doctorado o máster, o incluso actividades de I+D+i. Se trataba de valorar la situación actual en el Centro Politécnico Superior de Ingenieros y en el entorno europeo.

Las actividades concretas que hemos desarrollado durante el proyecto se concretan en los siguientes apartados:

- 1) En el desarrollo durante el presente curso de la asignatura que incluye estos descriptores, se ha dirigido y tutelado la asimilación por los alumnos de todos los temas, orientando el aprendizaje, la participación y la reflexión.
- 2) Identificación y análisis del contexto: alumnos, centro, asignatura y competencias. Aquí se han considerado las características de las asignaturas básicas de Estadística que deben cursarse previamente a los contenidos específicos de control de calidad y fiabilidad, junto con los contenidos que deben ser conocidos por lo estudiantes.
- 3) Especificación de los conocimientos que deben ser aprendidos por el alumno, según nuestra experiencia, y la de otras universidades, teniendo presente las exigencias de la industria y las normativas de calidad y fiabilidad.
 - a. Six Sigma constituye en la actualidad la estrategia de control de calidad más moderna y con un mayor ámbito de aplicación, siendo demandada la estadística aplicada en la industria y la consultoría.
 - b. Son conocimientos básicos para el control estadístico de la calidad tanto los gráficos de Shewhart como los análisis de capacidad. Esta metodología se exige en las distintas normativas de calidad.
- 4) Recopilación de casos con datos reales de libros y revistas especializadas y resolución y desarrollo, como aspecto fundamental, de abundantes casos prácticos. Se ha tratado de identificar aquellos aspectos que hayan de ser resaltados a los alumnos y sobre los cuales éstos hayan de realizar un mayor esfuerzo. Asimismo se han analizado aquellos conceptos que bajo nuestra experiencia ofrecerán mayores dificultades al estudiante con el propósito de reflexionar acerca de los medios más adecuados para reducirlas, tales como bibliografía adecuada, ejercicios ilustrativos o el diseño de unas prácticas con ordenador que ayuden a solventar los problemas de comprensión.
- 5) Realización de simulaciones con ordenador para analizar la capacidad de las técnicas enseñadas y aprendidas.
- 6) Actualización de las prácticas orientadas hacia la metodología Six Sigma con el programa estadístico MINITAB. Esta metodología enlaza con la demanda más reciente de la estadística aplicada en la industria y la consultoría. Six Sigma constituye en la actualidad la estrategia de control

de calidad más moderna y con un mayor ámbito de aplicación. Asimismo MINITAB es el programa con un mayor número de adeptos para implementar Six Sigma. En este sentido, es una aplicación que en sus últimas versiones ha mejorado las presentaciones gráficas de las técnicas de las que tratamos:

- las herramientas que miden la capacidad del proceso,
- las características que definen un modelo de tiempo de fallo,
- herramientas de ajuste de distribuciones,
- curvas de supervivencia y tasa de fallo.

7) Actualización bibliográfica y búsqueda de direcciones de INTERNET relacionadas con la Estadística para la Calidad y la Fiabilidad.

2.- Análisis de competencias

El análisis de las competencias y habilidades nos ha llevado a estudiar cómo es la actividad profesional que desempeña un ingeniero. Tal análisis se sintetiza en las actividades relacionadas con los perfiles profesionales que se enumeran a continuación:

Perfil 1: La ingeniería de fabricación tanto en el diseño de productos como en el control de procesos.

Perfil 2: La gestión de la calidad en las Administraciones Públicas.

Perfil 3: La docencia y la investigación.

Perfil 4: I+D+i

Perfil 5: Economía empresarial y consultoría.

Perfil 6: Actividad en el sector servicios.

De los perfiles anteriores se infiere que ha de procurarse el desarrollo de las siguientes habilidades:

- El trabajo en un equipo de carácter multidisciplinar.
- El trabajo en un contexto internacional.
- Las relaciones interpersonales.
- El razonamiento crítico.
- El aprendizaje autónomo que capacite al estudiante para realizar un aprendizaje continuo a lo largo de su vida profesional.

- Desarrollo de la creatividad.
- Conocimiento de otras culturas y costumbres, ampliamente reconocidas, en el control del proceso (Japón, USA, UK, ...).
- Mejora de la calidad en el trabajo, fomentando la iniciativa personal y el espíritu emprendedor en el desempeño de actividades.
- Motivación por el trabajo bien hecho.
- Organización y planificación de tareas.
- Desarrollo del pensamiento y razonamiento cuantitativo.
- Capacidad de abstracción, pasando de problemas particulares a una casuística más general.
- Habilidad para la comunicación oral y escrita así como de transmitir de forma sintética la información de relevancia.
- Capacidad para leer y comprender textos científicos en inglés.
- Desarrollar el razonamiento formal para abordar la resolución de problemas.
- Capacidad de dirigir todas las habilidades anteriormente mencionadas hacia el ámbito de la toma de decisiones.

A continuación se especifican las competencias específicas que habrá de adquirir el estudiante:

- Identificación de la información relevante para resolver un problema.
- Organización de la información
- Capacidad de aplicación y de modelos preexistentes así como de elaboración, construcción y validación de otros nuevos para el tratamiento de problemas novedosos.
- Utilización correcta y racional del software (MINITAB, SPSS, ...).
- Análisis y representación gráfica de datos experimentales.
- Conocimiento, identificación y selección de fuentes estadísticas.
- Capacidad para detectar y modelar la presencia de “ruido” y en general factores de naturaleza aleatoria en problemas reales de Calidad y Fiabilidad.
- Interpretación de resultados a partir de modelos estadísticos.

- Identificación de relaciones o asociaciones entre factores asociados a un problema.
- Elaboración de previsiones y escenarios.
- Extracción de conclusiones y redacción de informes.

3.- Guía docente

Esta guía sirve al propósito de aproximar al alumno al razonamiento estadístico y a su papel en la mejora de la calidad, poniendo énfasis en su uso para identificar las causas que añaden variabilidad a un proceso de fabricación y en el posterior control de éste. Se busca abrir la estadística para beneficio tanto de la fabricación como en la producción de sistemas más fiables.

La asignatura de Control Estadístico de la Calidad y Fiabilidad es de segundo ciclo de Ingeniería y los alumnos matriculados han cursado previamente asignaturas de Informática, Matemáticas y Estadística.

La bibliografía básica empleada se ha centrado en dos libros muy difundidos en el ámbito internacional:

- Lewis, E.E. (1995). *Introduction to Reliability Engineering, 2nd ed.* Wiley.
- Montgomery, D.C. (2004). *Introduction to Statistical Quality Control, 5th ed.* Wiley.

En consonancia con la programación docente empleada en otras universidades, y de acuerdo con los contenidos de los textos internacionalmente más acreditados relacionados con Estadística para la Calidad y Fiabilidad, hemos cubierto los aspectos siguientes, que han sido planificados para un total de 6 créditos europeos (ECTS):

- Introducción a la calidad y productividad.
- Control estadístico del proceso.
- Construcción de los gráficos de control por variables (Shewhart).
- Gráficos de control por atributos.
- Técnicas de control CUSUM y EWMA.
- Métodos de muestreo de aceptación de lotes. Curvas características.

- Evaluación de la fiabilidad de sistemas. Análisis estadístico de tiempos de fallo.
- Estimaciones no paramétricas.
- Modelos de fiabilidad paramétricos y estimaciones asociadas.

Hemos realizado el estudio y análisis de toda la temática en sesiones conjuntas de análisis y discusión, a lo largo de un cuatrimestre; ello incluía el análisis pormenorizado de casos prácticos y su tratamiento con programas de ordenador, principalmente MINITAB (pero también EXCEL y MATLAB). Cada alumno realiza un trabajo de redacción de análisis y conclusiones, que posteriormente entrega para su evaluación. Un alumno, especialmente motivado, ha realizado un amplio trabajo de redacción con un programa de tratamiento de textos científicos y técnicos de alto nivel, denominado TeX.

A continuación indicamos en un cronograma las fases de este Proyecto con una breve descripción del trabajo realizado:

| FASE | DESCRIPCIÓN | 2005 | | | | 2006 | | | | | | |
|------|--|------|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|
| | | S | O | N | D | E | F | M | A | M | J | J |
| I | Desarrollo curricular de la Asignatura | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| II | Análisis y realización de aplicaciones a datos reales | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| III | Análisis de Control Estadístico de la Calidad | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| IV | Análisis de Fiabilidad | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| V | Redacción y evaluación del trabajo personal de cada alumno | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| VI | Análisis de los resultados y redacción de las conclusiones | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

4.- Valoración del proyecto

El valor primordial de este proyecto consiste en que nos ha permitido, a partir de la propia práctica y actividad de los participantes, analizar y profundizar sobre aquellos aspectos más básicos en la planificación de los procesos de enseñanza-aprendizaje. El desarrollo del curso nos ha orientado hacia la

profundización mayor en unos aspectos u otros, dependiendo de las necesidades e intereses de los alumnos.

Destaca asimismo la actualización de contenidos que nos hemos visto impelidos a llevar cabo, analizando los programas académicos de otras universidades nacionales y extranjeras.

Se han planteado nuevas vías de trabajo con los estudiantes que complementan a la clase magistral como son la búsqueda bibliográfica, uso de recursos procedentes de INTERNET o la ejecución de trabajos en grupo.

A partir de las actividades que hemos desarrollado se ha puesto de manifiesto el extraordinario valor de la tutoría individualizada. Su puesta en práctica para el seguimiento de la adquisición de conocimientos y habilidades por el alumno a lo largo del curso, ha resultado satisfactoria para ambas partes.

Hemos constatado que los alumnos valoran positivamente el aprendizaje basado en casos particulares, problemas y proyectos así como las prácticas de Laboratorio, centradas en aplicaciones informáticas de prestigio internacional bien reconocido.

La valoración de la acción de la enseñanza tutorada que resulta ser bien apreciada por los alumnos que su vez han desarrollado una participación activa y motivada. Fruto de esta actitud, los estudiantes han aprendido a resumir, interpretar y representar la información contenida en un conjunto de datos provenientes de un proceso de fabricación. Asimismo quedan capacitados para el análisis y depuración de los resultados numéricos y, en general, para aplicar el pensamiento estadístico en su actividad profesional.

El alumno distingue los fundamentos conceptuales y prácticos tanto de la metodología Six Sigma como de los procedimientos de análisis de Fiabilidad. Asimila las diferencias entre las distintas técnicas y entiende bajo qué condiciones ha de aplicar cada una de ellas, dependiendo del objetivo del estudio y del tipo de información disponible y de las conclusiones que se hayan de derivar.

Las actividades llevadas a cabo potencian el desarrollo de las estrategias convenientes en la interpretación de datos provenientes de ensayos de fiabilidad. Así, los estudiantes alcanzan niveles de conocimiento que les permiten identificar modelos probabilísticos de fallo, evaluar la fiabilidad de sistemas, comparar distintas configuraciones o cuantificar el efecto que

produce inducir cambios controlados en factores que afectan a la fiabilidad de un sistema.

5.- Metodologías docentes

La metodología se ha basado en análisis pormenorizado de casos reales. Esta metodología ha sido empleada a fondo por su obvio interés en Ingeniería y ha sido fructífera: los alumnos ha trabajado con datos reales obtenidos tanto de la bibliografía y como de Internet.

Se han llevado a cabo abundantes análisis de datos con programas de ordenador. Se han empleado los programas de uso general EXCEL y MATLAB. Se ha empleado también el programa estadístico MINITAB, con el que se han realizado diversas prácticas en aula de ordenadores, referentes a los diversos aspectos de Control Estadístico del Proceso, principalmente técnicas clásicas bien conocidas: de gráficos de Shewhart por variables medidas en escala continua y gráficos de control para variables discretas (denominados gráficos de control por atributos).

Hemos introducido las técnicas de Calidad más innovadoras, como los gráficos denominados CUSUM y EWMA, que han sido construidos y programados por los alumnos con gran eficacia, que fue posteriormente contrastada con el programa MINITAB.

Los alumnos han aprendido a diseñar planes de inspección de calidad de lotes por muestreo por atributos con las correspondientes Normas Internacionales de Calidad más usuales, y han podido construir las correspondientes curvas características con ayuda del programa Matlab, que ya conocían de antemano, para cada plan y han comparado planes equivalentes por muestreo doble.

Cada alumno ha realizado un trabajo escrito de su trabajo personal global y por apartados de la asignatura. En general este trabajo ha ido más allá de los requerimientos exigidos para la superación de una asignatura, lo que puede ser interpretado en el sentido del interés despertado en los alumnos la metodología empleada.

Uno de los alumnos ha realizado además su trabajo en un procesador de textos científico y técnico de alta calidad y de difusión internacional: ello permitirá su ampliación en Cursos futuros.

6.- Conclusiones

Habría que destacar en primer lugar que el trabajo correspondiente a este proyecto es aplicable a otras asignaturas de una titulación de Ingeniería, que persigan alcanzar unos objetivos centrados en que los alumnos adquieran las siguientes capacidades

- Aplicar el conocimiento de matemáticas, ciencia e ingeniería.
- Diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos.
- Diseñar un sistema, componente o proceso que deba cumplir ciertas necesidades o requerimientos.
- Trabajar en equipos multidisciplinares.
- Detectar, identificar, formular y resolver problemas de ingeniería de producción.
- Conocer herramientas básicas que en la práctica se utilizan tanto en la etapa de diseño de producto como en la de producción.
- Usar las técnicas, habilidades y herramientas modernas necesarias para la práctica de la Ingeniería.

Otra conclusión reseñable es que los miembros del equipo hemos aprendido acerca de la importancia del trabajo tutorado con alumnos en pequeños grupos. Los alumnos se involucran positivamente en la asignatura cuando es tutorada y muestran un interés muy efectivo para extender y acrecentar sus aptitudes, han buscado y utilizado bibliografía adecuada y han desarrollado sus capacidades para aprender nuevas técnicas y aplicarlas a casos prácticos de interés en la Ingeniería. Se ha advertido cómo, bajo los auspicios del profesor, los alumnos han dedicado una parte importante del tiempo en la búsqueda de la información que necesitan. Han trabajado con verdadero interés y han entregado una Memoria final de todo su trabajo redactada en un procesador de textos alto nivel, de modo que puede ser ampliada en cursos sucesivos.

El proyecto que planteamos era ambicioso, por lo que como es natural, siempre quedan algunos temas pendientes en la especialización en estos conocimientos: la planificación de una asignatura de máster, el análisis y reorganización de un curso de tipo doctorado, el desarrollo de actividades de investigación,... Esto, junto con las nuevas ideas que han surgido, por ejemplo de evaluación de carga de trabajo que supone para los alumnos, o el desarrollo de prácticas de ordenador implementadas para un desarrollo autónomo del alumno, hacen que se plantee la conveniencia de continuar con esta actividad dentro de un próximo Proyecto.