

Pruebas de seguimiento y sesiones de control en la asignatura Métodos Estadísticos de la Ingeniería

Ugarte, M.D.¹, Goicoa, T.¹ y Militino, A.F.¹

¹ Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad Pública de Navarra.
Campus de Arrosadía, 31006, Pamplona

lola@unavarra.es, tomas.goicoa@unavarra.es, militino@unavarra.es

Resumen. Un Ingeniero Industrial necesita conocer las herramientas científicas necesarias para realizar un correcto tratamiento de la información, un control estadístico de la calidad o un experimento industrial. “Métodos Estadísticos de la Ingeniería” es una asignatura enfocada al aprendizaje y la práctica de técnicas estadísticas. De ahí, la amplitud del programa. La primera parte está dedicada al análisis exploratorio de datos, al cálculo de probabilidades y al estudio de variables aleatorias; la segunda parte se centra en la inferencia estadística y la tercera está orientada a la modelización. La asignatura tiene un fuerte componente práctico con varias sesiones de ordenador utilizando el software libre R. Ante el número elevado de alumnos que imposibilita un seguimiento exhaustivo de los mismos, en el curso académico 2007-2008 hemos ideado un plan de trabajo con pruebas de seguimiento y sesiones de control. Durante el curso se realizan tres sesiones de control en las que se evalúan seis pruebas de seguimiento que constan de una serie de ejercicios a resolver con el ordenador y otra serie de ejercicios teórico-prácticos. En las sesiones de control, el profesor resuelve los ejercicios y los alumnos los corrigen y se autoevalúan. El profesor recoge el trabajo de los alumnos para comprobar que sus correcciones y calificaciones son adecuadas. La experiencia ha resultado muy satisfactoria porque se ha conseguido mantener la atención del alumno evitando el abandono de las clases. Las pruebas de seguimiento tienen el valor añadido de proporcionar al alumno una idea clara del nivel exigido en la asignatura.

Palabras clave: estadística, Software libre, sitio web

1. INTRODUCCIÓN

La asignatura troncal de carácter instrumental “Métodos Estadísticos de la Ingeniería” está dedicada al conocimiento y la práctica de las técnicas estadísticas. La asignatura es de nueve créditos y está dividida en tres partes que corresponden a tres bloques temáticos. La primera parte está dedicada al análisis exploratorio de datos, al cálculo de probabilidades y al estudio de variables aleatorias; la segunda parte se centra en la inferencia estadística y la tercera está orientada a la modelización. Además de la carga teórica, la asignatura también tiene un fuerte componente práctico.

La asignatura viene impartándose por los mismos profesores durante los últimos seis años. De esta forma, ha sido posible el establecimiento de una línea de actuación clara en cuanto a

objetivos, metodología, material docente y criterios de evaluación. Sin embargo, durante estos años se han detectado aspectos que pueden mejorarse para facilitar el aprendizaje de los alumnos y hacer la asignatura más atractiva e interesante.

Uno de los aspectos que más se ha trabajado es la realización de prácticas con ordenador. Una máxima de los profesores que impartimos la asignatura es que “la estadística ya no se hace a mano”, por tanto todo el contenido está orientado a la utilización de un paquete estadístico. En concreto, el software libre **R**. Los motivos de la elección de dicho software son varios, pero destacamos tres. En primer lugar **R** es un software de libre distribución y por tanto los alumnos pueden obtenerlo de una dirección web sin coste económico alguno. Esto les permite trabajar en casa sin tener que depender de la disponibilidad de los ordenadores de la universidad. En segundo lugar, **R** es uno de los paquetes más utilizados en la comunidad científica lo que le facilita la implementación rápida de las técnicas estadísticas más vanguardistas. En tercer lugar destacamos la experiencia de los profesores con esta herramienta. Esto se ha plasmado en la publicación por parte de las profesoras M^a Dolores Ugarte y Ana F. Militino de un libro docente de estadística utilizando **R** en la editorial Chapman and Hall/CRC.

Durante el curso académico 2007-2008 hemos puesto en marcha lo que hemos denominado pruebas de seguimiento y sesiones de control. Básicamente consisten en la propuesta de una serie de ejercicios teórico-prácticos y prácticas de ordenador que los alumnos deberán autoevaluarse con la ayuda del profesor. Dichas pruebas han supuesto un 20% de la nota total. El objetivo fundamental ha sido premiar el trabajo continuo y motivar al alumno a trabajar la asignatura. El resultado ha sido satisfactorio puesto que hemos conseguido mantener la asistencia a clase durante todo el curso y obtener un alto porcentaje de presentación al examen final.

2. OBJETIVOS Y CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

2.1 Objetivos y competencias que se pretenden alcanzar

Los objetivos a conseguir dentro de esta asignatura son:

- Que el alumno aprenda la estadística descriptiva, los fundamentos de la teoría de la probabilidad, la inferencia estadística y la modelización.
- Que el alumno aprenda a realizar análisis estadísticos sencillos.
- Que el alumno adquiera experiencia práctica en el manejo de software estadístico.
- Que el alumno reflexione sobre el papel de la Estadística en la industria. ¿Para qué sirve? ¿Qué problemas resuelve?

Las competencias específicas que se trabajan en esta asignatura son:

- Capacidad de análisis de datos e interpretación correcta de los resultados. De esta forma se consigue que el alumno conozca cuál es el alcance de sus estudios y hasta qué punto puede extrapolar sus resultados. Esto es de directa aplicación a la hora de realizar el proyecto fin de carrera, donde como en cualquier disciplina científica, el

alumno debe de ser capaz de extraer de manera correcta toda la información de los datos que disponga.

- Las aplicaciones más directas de esta asignatura son las relacionadas con la Organización y Marketing Industrial, así como en la planificación de experimentos industriales. Concretamente en las asignaturas de Fiabilidad de Componentes y Sistemas y Métodos Cuantitativos de Organización Industrial
- La realización de auditorías industriales o controles de calidad son aplicaciones directas de la asignatura.

Entre las competencias transversales que se trabajan y valoran en la asignatura destacamos:

- Correcta expresión oral y escrita.
- Creatividad en la resolución de los problemas prácticos.
- Organización del tiempo de estudio.
- Capacidad de trabajo en equipo manteniendo la individualidad de cada alumno.
- Aprendizaje de términos estadísticos en inglés.
- Puntualidad en la entrega de pruebas.
- Honestidad en la autoevaluación.

2.2 Contenidos del curso

El contenido de la signatura se imparte a lo largo de 9 temas que se imparten en un cuatrimestre. Los contenidos abreviados de la asignatura son los siguientes.

- **BLOQUE I: PROBABILIDAD**
 1. Tema 1: Estadística descriptiva y probabilidad
 2. Tema2: Variables aleatorias univariantes y multivariantes
- **BLOQUE II: INFERENCIA ESTADÍSTICA**
 1. Tema 3: Muestreo y distribuciones asociadas al muestreo.
 2. Tema 4: Estimación paramétrica
 3. Tema 5: Intervalos de confianza
 4. Tema 6: Contrastes de hipótesis
 5. Tema 7: Métodos no paramétricos
- **BLOQUE III: MODELIZACIÓN ESTADÍSTICA**
 1. Tema 8: Diseño de experimentos
 2. Tema 9: Regresión lineal

3. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

La programación prevista asigna tres semanas al Bloque I, ocho semanas al Bloque II y cuatro semanas al Bloque III. El contenido está organizado de tal manera que cada tema debe impartirse en dos semanas, a excepción de los temas 1, 5, 6 y 7. El tema 1 no es muy extenso y es suficiente dedicarle una semana. En los temas 5 y 6 se emplea la teoría del tema 3, por lo que no se introduce nueva formulación. Son temas bastante mecánicos y no hace falta detallar cada uno de los casos que se presentan en el índice. Se explica uno o dos desarrollos y se propone al alumno que derive el resto. Por tanto, estos dos temas pueden impartirse en tres semanas. El tipo de problemas del tema 7 son muy apropiados para resolver con ordenador, por lo que a esta unidad solamente se le dedica una semana.

Los temas teóricos se explican en el aula. Además de desarrollar los contenidos, en las clases de teoría se explican ejemplos y se realizan problemas al finalizar las distintas secciones. Dichos problemas se plantean a los alumnos con antelación para que ellos intenten resolverlos. Como complemento de las clases teóricas, se realizan siete prácticas de ordenador con el paquete estadístico **R** que detallamos a continuación.

- Práctica 1: Introducción a **R**. Probabilidad y variables aleatorias.
- Práctica 2: Muestreo y distribuciones asociadas al muestreo.
- Práctica 3: Estimación puntual e intervalos de confianza.
- Práctica 4: Contrastes paramétricos y no paramétricos.
- Práctica 5: Diseño de de experimentos.
- Práctica 6: Regresión.
- Práctica 7: Práctica de repaso.

La práctica 1 recoge los contenidos del Bloque I y supone además una primera toma de contacto del alumno con el paquete estadístico **R**.

La práctica 2 corresponde al tema 3. En esta práctica se pretende que los alumnos afiancen los resultados teóricos mediante simulaciones y ejercicios con el ordenador.

La práctica 3 engloba los temas 4 y 5. En esta práctica se pretende que el alumno investigue los dos diferentes métodos de estimación, puntual y por intervalos. Para ello debe resolver diferentes problemas propuestos.

La práctica 4 propone diversos ejemplos correspondientes a los temas 6 y 7. En esta práctica el alumno debe resolver los problemas planteados justificando el tipo de contrastes que emplea: paramétricos o no paramétricos.

La práctica 5 corresponde al tema 8 y está dedicada al diseño de experimentos. El alumno debe ajustar el modelo más apropiado al experimento que se le presenta y validarlo posteriormente para poder realizar inferencia.

La práctica 6 es la correspondiente al tema 9, esto es, regresión lineal. En ella los alumnos deben ajustar un modelo de regresión a un conjunto de datos y extraer las conclusiones pertinentes

La práctica 7 es de repaso.

El plan de trabajo es el siguiente:

Semana 1:

1. Presentación de la asignatura (1 hora)
2. Probabilidad (5 horas)

Semanas 2 y 3:

1. Variables aleatorias. 2.1-2.6 (5 horas)
2. Distribuciones discretas y continuas (5 horas)
3. Práctica 1 (2 horas)

Semana 4 y 5:

1. Distribuciones en el muestreo: definiciones (2 horas)
2. Distribuciones en el muestreo: media, varianza, cociente de varianzas (8 horas)
3. Práctica 2 (2 horas)

Semanas 6 y 7:

1. Estimación puntual: Propiedades de los estimadores (4 horas)
2. Estimación puntual: Métodos de estimación (6 horas)
3. Prueba de seguimiento 1 (2 horas)

Semana 8:

1. Intervalos de confianza (4 horas)
2. Práctica 3 (2 horas)
3. Contrastes paramétricos (8 horas)

Semana 9 y 10

1. Contrastes paramétricos (4 horas)
2. Pruebas no paramétricas (4 horas)
3. Práctica 4 (2 horas)
4. Prueba de seguimiento 2 (2 horas)

Semanas 11 y 12:

1. Diseño de experimentos: Introducción y modelo de efectos fijos (5 horas)
2. Diseño de experimentos: modelo de efectos fijos y diseño por bloques (5 horas)
3. Práctica 5 (2 horas)

Semanas 13 y 14:

1. Regresión lineal: modelo lineal simple y múltiple (1 horas)
2. Regresión lineal: estimación de los coeficientes del modelo (2 horas)
3. Regresión lineal: intervalos de confianza y contrastes de los coeficientes del modelo, ANOVA de la regresión (2 horas)
4. Regresión lineal: diagnóstico del modelo, intervalos de confianza y predicción (3 horas)

Semana 15

5. Práctica 6 (2 horas)
6. Práctica 7 (2 horas)
7. Prueba de seguimiento 3 (2 horas)

4. EVALUACIÓN

A lo largo del tiempo que llevamos impartiendo la asignatura, hemos creído conveniente introducir nuevos criterios de evaluación que resten peso al examen final. Durante este curso la evaluación se ha realizado mediante cuatro aspectos

- Asistencia a las clases (máximo 1 punto)
- Pruebas de seguimiento continuo y sesiones de control (máximo 2 puntos)
- Examen escrito (máximo 4 puntos)
- Examen práctico con ordenador (máximo 3 puntos)

En la asistencia a clases también se valora la participación activa del alumno a través de preguntas o resolución de problemas en la pizarra que previamente han sido planteados por los profesores.

El examen escrito consta de varias preguntas de contenido teórico-práctico. Se plantean también ejercicios para ser respondidos sin la ayuda del ordenador. En el examen teórico no está permitido el uso de apuntes o libros.

El examen práctico se realiza con el ordenador. En este examen, el alumno puede hacer uso del libro de texto básico o de los textos de bibliografía complementaria. También puede disponer en formato electrónico o escrito de las prácticas realizadas durante el curso. No se permite material adicional.

4.1 Pruebas de seguimiento y sesiones de control

Las pruebas de seguimiento y las sesiones de control están ideadas para que el alumno trabaje la asignatura de manera gradual y continua y de esa forma evitar que la abandone. Las pruebas de seguimiento consisten en una serie de ejercicios prácticos a resolver con el ordenador y una serie de ejercicios teórico-prácticos que sirven para comprobar el grado de comprensión de la asignatura. Los ejercicios de ordenador son similares a los ejemplos que se realizan en las clases prácticas y se proponen para valorar la resolución de problemas con el software **R**. Las sesiones de control se realizan aproximadamente una vez al mes y en cada una de ellas se valora el contenido de dos pruebas de seguimiento. Durante las sesiones de

control los profesores corrigen los ejercicios de las pruebas de seguimiento y los alumnos se autocalifican según los criterios establecidos. Al terminar la sesión, los profesores recogen las pruebas de seguimiento para controlar si la autocorrección está bien realizada. Finalmente, al cabo de una semana, los trabajos se devuelven a los alumnos para que los utilicen como material de estudio.

Las pruebas de seguimiento y las sesiones de control suponen una alternativa a caballo entre la clase magistral y un seguimiento personalizado y pormenorizado del alumno. “Métodos Estadísticos de la Ingeniería” es una asignatura troncal con un gran número de estudiantes. Concretamente tenemos dos grupos de aproximadamente sesenta alumnos. Esto hace imposible un seguimiento individual de cada estudiante, ya que entonces la labor investigadora quedaría totalmente anulada. Por otro lado, la asignatura les resulta árida y difícil y la abandonan si no tienen una motivación y algún tipo de control que la clase magistral tradicional no proporciona. Por ello, pensamos que el sistema que hemos adoptado nos permite, por un lado motivar e incentivar al alumno al trabajo diario (ya que estas tareas suponen un 20% de la nota global) y evitar el abandono de la asignatura, y por otro lado no consume todo nuestro tiempo. De esta forma alcanzamos un equilibrio entre las dos principales ocupaciones del profesor universitario, la docencia y la investigación.

5. MATERIAL DIDÁCTICO

Durante este curso los alumnos han tenido a su disposición el libro “Estadística aplicada con S-Plus (2ª Edición revisada)” escrito por las profesoras M^a Dolores Ugarte y Ana F. Militino. Dicho libro recoge los contenidos de un curso básico de estadística y está orientado a la resolución de ejercicios con el software S-Plus. Durante estos años ha sido un material muy útil ya que la gran mayoría de los ejercicios pueden resolverse en **R** sin hacer ningún cambio. Esto es posible porque **R** utiliza el mismo lenguaje que S-Plus. Así mismo, para el próximo curso se utilizará como material docente el libro “Probability and Statistics with **R**” escrito por M^a Dolores Ugarte, Ana F. Militino y Alan T. Arnholt que supone una actualización del material que se venía empleando y que incorpora nuevas colecciones de problemas a resolver con **R**. El libro está escrito en inglés y se pretende con ello que el alumno emplee este idioma como herramienta necesaria para manejar bibliografía básica y complementaria.

Además de un libro de texto, los alumnos tienen acceso a material de prácticas y funciones de **R** a través de la página web de los profesores

<http://www.unavarra.es/personal/amilitino/>

y de la página web del nuevo texto docente

<http://www1.appstate.edu/%7Earnholta/PASWR/index.htm>

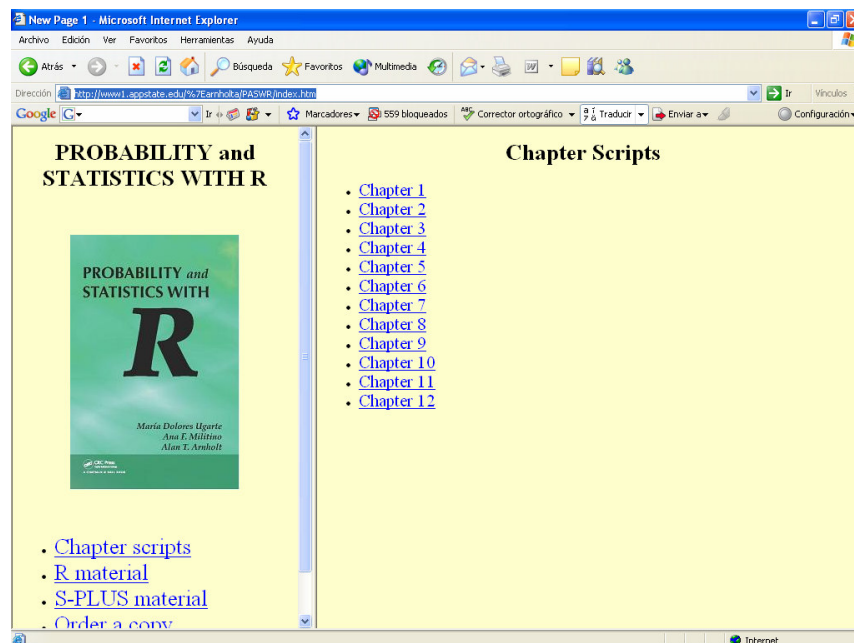


Figura 1: Página web con acceso a los scripts de R del material docente

Así mismo, también se hace uso de plataformas digitales como el aulario virtual.

6. CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo que llevamos impartiendo la asignatura hemos visto cómo los alumnos tienen dificultades para llevarla al día y afrontar con éxito el examen. Con el fin de no valorar únicamente el examen final y ayudar a los alumnos a estudiar la asignatura de manera gradual, hemos decidido realizar una valoración continua a través de pruebas de seguimiento y sesiones de control. El resultado ha sido muy satisfactorio dada la alta presencia y participación en clase y el interés mostrado por los alumnos en la realización de las pruebas de seguimiento. El hecho de que dichas pruebas supongan un 20% de la nota final ha sido crucial.

Como aspectos negativos destacamos que este sistema no permite distinguir si el alumno ha realizado por sí mismo las pruebas o ha copiado a otros compañeros. Sin embargo, estas situaciones se han detectado muy bien ya que dichas personas han fracasado en el examen práctico demostrando su falta de dedicación y trabajo durante el curso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Universidad Pública de Navarra, y en particular, al Vicerrectorado de Enseñanzas la organización del Plan de Formación de Profesorado y el apoyo recibido en diversos proyectos piloto de implantación de nuevos postgrados.

REFERENCIAS

Ugarte, M.D., Militino, A.F. (2002). *Estadística aplicada con S-Plus., 2ª Edición revisada.* Universidad Pública de Navarra.

Ugarte, M.D., Militino, A.F., Arnholt, A.T. (2008) *Probability and Statistics with R,* Chapman and Hall/CRC.