

# ANÁLISIS ERGONÓMICO DEL DISEÑO ACTUAL DEL INSTRUMENTAL EMPLEADO EN CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA Y PROPUESTAS DEL REDISEÑO PARA UN DISEÑO OPTIMIZADO

A. González

*Centro Universitario de Mérida, Universidad de Extremadura, España*

D. Rodríguez

*Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales,  
Centro Universitario de Mérida, Sta. Teresa de Jornet 38, 06800 Mérida,  
Universidad de Extremadura, España*

L. García

*Departamento de Expresión Gráfica,  
Centro Universitario de Mérida, Sta. Teresa de Jornet 38, 06800 Mérida,  
Universidad de Extremadura, España*

## Abstract

The aim of this paper is to analyze the design of a laparoscopic clip focused on the commercial offering ergonomics and its behaviour during surgery, in order to detect possible modifications in the design of this instrument for improving its employment. In particular, in this work has been studied a clip of laparoscopic surgery assessed commercial design, the geometry of the clamp for the ergonomic study (especially the handle) and the materials.

We have conducted an in depth study of the current state of this instrumentation, mainly based on references (scientific journals and magazines) and on the information of the minimally invasive surgery centre of Caceres (Spain).

As a result it should be noted that, based on this analysis, critical elements in the design of these instruments have been detected, which requires an in-depth ergonomic study for redesigning this instrumental to improve the use (usually during several hours) that the surgeon works with this type of instruments. Finally, the study shows that some geometric changes that do not modify the use of this instrument; it is possible to facilitate the use of this instrument to the user with a redesigning based on these results.

**Keywords:** *Design, Optimization, Product, Ergonomics and Materials*

## Resumen

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis del diseño de una pinza de cirugía laparoscópica comercial centrado principalmente en la ergonomía que ofrecen y su comportamiento durante la cirugía, con el objetivo de detectar las posibles modificaciones que pueden hacerse en el diseño de este instrumental para mejorar su empleo. En concreto, en este análisis se ha estudiado una pinza de cirugía laparoscópica comercial evaluándose

su diseño, la geometría de la pinza para el estudio ergonómico (especialmente el mango) y los materiales.

Para ello se ha llevado a cabo un estudio en profundidad del estado actual del instrumental, basado principalmente en referencias bibliográficas (publicaciones científicas y revistas especializadas) y en consultas al Centro de Cirugía de Mínima Invasión de Cáceres.

Como resultados cabe destacar que, en base a este análisis se han detectado elementos críticos en el diseño de este instrumental, que requerirían de estudios ergonómicos profundos para realizar un rediseño más adecuado a las aplicaciones y sobre todo, al tiempo (normalmente de varias horas) que el cirujano debe trabajar con este tipo de pinzas. Por último, el estudio ha puesto de manifiesto que con algunas modificaciones geométricas que no modifican el uso de este instrumental, es posible facilitar su empleo al usuario.

**Palabras clave:** *Diseño, Optimización, Producto, Ergonomía y Materiales*

## 1. Introducción

La cirugía laparoscópica es una técnica quirúrgica que se practica a través de pequeñas incisiones, usando la asistencia de una cámara de video que permite al equipo médico ver el campo quirúrgico dentro del paciente y actuar en el mismo. Estas técnicas se denominan mínimo-invasivas, ya que evitan los grandes cortes de bisturí requeridos por la cirugía abierta o convencional y posibilitan, por lo tanto, un periodo post-operatorio mucho más rápido y confortable.

La cirugía se realiza gracias a una video-cámara que se introduce en el cuerpo a través de una incisión, esta cámara de pequeño tamaño cuenta con una fuente de luz fría que ilumina el campo quirúrgico dentro del organismo.

El equipo laparoscópico en el quirófano cuenta con monitores de alta resolución donde el cirujano y su equipo pueden ver las imágenes producidas por la video-cámara en un tamaño mayor.

Las principales deficiencias de la tecnología de laparoscopia se derivan de la ausencia de criterios ergonómicos en el diseño de la misma tecnología y en deficiencias en la planeación-diseño de la distribución en planta del quirófano, por lo que en los quirófanos se presentan algunos problemas que afectan a su funcionalidad, como son la inadecuada distribución de los equipos, la relativamente baja adaptabilidad a las condiciones antropométricas de los médicos y los inconvenientes relativos a los aspectos cognitivos de los indicadores, además del impacto negativo de la generalizada administración ineficaz de la información.

Como las implicaciones de estos problemas se manifiestan en omisiones y errores en la ejecución del trabajo del cirujano, tanto como en lesiones y diversos efectos en su salud, además de que se arriesga la salud y la recuperación del paciente es oportuna la realización de este tipo de trabajos de investigación.

A pesar de que en los últimos años el desarrollo de la técnica ha alcanzado un nivel relativamente alto, las características ergonómicas de estos instrumentos aún están lejos de los requisitos que se deberían exigir (Berguer, 1997; Berguer, 1998; Berguer, 1999; Matern, 1999; Van Veelen, 1999). Los cirujanos con frecuencia se quejan de la presión, así como el dolor y la fatiga en las manos y las articulaciones del miembro inferior (Berguer, 1999; Matern, 1999; Van Veelen, 1999). Estas lesiones se pueden atribuir al repetitivo y prolongado uso del instrumental poco ergonómico. Además, las directrices ergonómicas existentes para el diseño de herramientas de mano no son suficientemente específicas y,

por tanto, insuficiente para su uso en el diseño de los instrumentos empleados en cirugía laparoscópica, como se deduce de los trabajos de Van Veelen (Van Veelen, 1999) y más recientemente con los trabajos desarrollados por el Centro de Cirugía de Mínima Invasión (CCMI) y el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).

En relación con la técnica de cirugía laparoscópica, cada vez hay más informes sobre los daños corporales que sufren los cirujanos durante la intervención quirúrgica. Todas las especialidades quirúrgicas manifiestan problemas debido al uso constante y forzado de ciertos músculos o debido a la tensión prolongada en ligamentos y tendones durante procedimientos extensos; relacionados directamente por el uso del instrumental usado en la cirugía laparoscópica.

Para evitar las lesiones producidas a los cirujanos, este instrumental debe ser diseñado con especial relevancia en su ergonomía. En concreto, debe estudiarse minuciosamente la antropometría de la mano, pues actualmente, el número de mujeres que realizan técnicas quirúrgicas es casi equiparable al de hombres, y las dimensiones de sus manos son más reducidas, lo que afecta de forma importante al empleo y diseño de dicho instrumental.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis del diseño de una pinza de cirugía laparoscópica comercial centrado principalmente en la ergonomía que ofrecen y su comportamiento durante la cirugía, con el objetivo de detectar las posibles modificaciones que pueden hacerse en el diseño de este instrumental para mejorar su empleo.

## 2. Objetivos

En este trabajo se presenta un estudio de optimización del diseño de una pinza de cirugía laparoscópica comercial. La pinza objeto de este estudio es la que se muestra en la Fig. 1. El objetivo es establecer directrices y recomendaciones, a partir del estudio en profundidad que se ha llevado a cabo del estado actual del instrumental, basado principalmente en referencias bibliográficas (publicaciones científicas y revistas especializadas) y en consultas al Centro de Cirugía de Mínima Invasión de Cáceres.



Figura 1. Pinza de cirugía laparoscópica.

Estas directrices parten de la identificación y detección de posibles condiciones ergonómicas inadecuadas tanto obtenidas a partir del análisis del instrumental (mecánico, uso, etc.), de los cirujanos (a través de los cuestionarios), de la revisión documental, etc.

Este documento pretende ser una herramienta de cara a la incorporación de la Ergonomía en el diseño del instrumental de cirugía laparoscópica.

En primer lugar se recogen los principales resultados obtenidos en la fase de “Detección de las Necesidades Básicas del Instrumental”, y a continuación se listan los principales requisitos ergonómicos que debe cumplir el instrumental.

### 3. Metodología

La metodología propuesta en este trabajo se apoya en el análisis en primer lugar de la documentación sobre ergonomía tanto a nivel antropométrico como la existente sobre la cirugía laparoscópica. Los resultados obtenidos se recogieron en las tablas de este trabajo.

En primer lugar se recogen los principales resultados obtenidos en la fase de “Investigación documental existente sobre el instrumental”. A continuación se relacionan los principales requisitos ergonómicos que debe cumplir el instrumental.

Existen diversos estudios sobre la manera de abordar el problema de la ergonomía según el ámbito de aplicación.

Dentro de las variables ergonómicas en el campo industrial se incluyen los siguientes ámbitos:

- La configuración física
- La configuración lógica
- La configuración organizacional de las condiciones de trabajo

En el ámbito de la cirugía laparoscópica existen diferentes estudios publicados, entre ellos cabe destacar el trabajo de Berguer (Berguer, 1999), que plantea el estudio con las siguientes variables:

- Ergonomía visual, al depender de un monitor
- Manipulación ergonómica del instrumental
- Ergonomía postural
- Exigencias físico-mental del trabajo

Otros autores (Goossens y Van Veelen, 2006) proponen tres acercamientos para este estudio, y son:

- Solucionar la ergonomía física del equipo,
- Mejorar la información durante la operación y
- Enfocar la realización de los procedimientos atendiendo a factores humanos.

Además, Goossens propone seleccionar los aspectos de diseño ergonómicos según tres funciones humanas:

- **Ergonomía física**, la cual atiende a funciones del sistema músculo-esquelético humano, el cual se utiliza para adoptar posturas, mover miembros y conducir fuerzas externas a través del cuerpo. Dentro de esta categoría se diseñarían productos que soportan el cuerpo (sillas), instrumental (mangos) y equipos especiales (pedales, monitores, etc.).
- **Ergonomía sensorial**, basada en los sentidos y percepción humana. Productos que apoyan el sentido y la percepción, como aparatos visuales (monitores), táctiles

(retornos de fuerza en el mango, resortes) y auditivos (alarmas o pitidos), en la sala de operación serían diseñados atendiendo a este tipo de ergonomía.

- **Ergonomía Cognitiva**, basado en la memoria y procesado de información, el aprendizaje, la toma de decisiones y el juicio de una situación. Conlleva el conocimiento de la psicología del pensamiento y la memoria. Esto viene apoyado por esquemas de estructuras, recursos mnemotécnicos de control de procesos y de entrenamiento, etc.

Goossens y Van Veelen (Goossens y Van Veelen, 2006) detectaron cinco aspectos asociados a la postura no neutral del cirujano:

- Mango del instrumental,
- posición del monitor,
- uso de pedales de pies para el control de diatermia (método de terapia física que incluye generación de calor localizado en tejidos del cuerpo mediante corrientes electromagnéticas; por ejemplo para corte),
- altura de la mesa y
- la limitación de cambios naturales de postura del propio cirujano.

Marvik (Marvik, 2006) distingue varios tipos de acciones que pueden realizarse con la mano: acciones de agarre, acciones de no agarre y acciones combinadas. Además, todos los autores coinciden en diferenciar entre dos tipos de agarre de precisión y de fuerza (Fig. 2). En la Figura 3 se muestra un ejemplo del ángulo que debe haber entre la muñeca y el antebrazo.

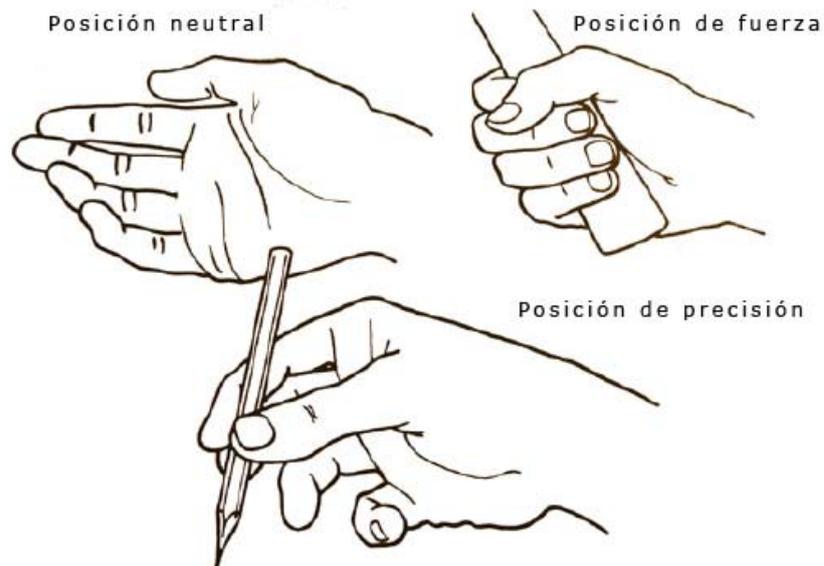


Figura 2. Posiciones de la mano. Ilustración tomada de Pheasant, 1996.

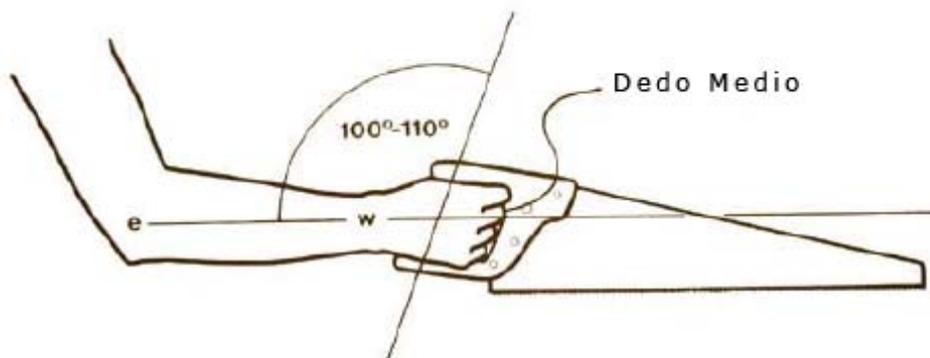


Figura 3. Ejemplo de sujeción con sierra. La posición neutral de la muñeca si se conserva el eje de agarre forma un ángulo de 100-110° con el eje del antebrazo (La imagen está tomada de Pheasant, 1996).

La Tabla 1 muestra de forma resumida los criterios enunciados de la documentación analizada que pueden influir en el desarrollo en el diseño de instrumental laparoscópica.

Autor	Criterio	
Marvik, R.	1	El instrumental laparoscópico fue adoptado del instrumental utilizado para cirugía abierta sin considerar las diferencias entre los dos tipos de cirugía.
	2	La mayoría son incómodos de agarrar, pues crean puntos de presión e incrementan la presión en los tendones del antebrazo.
	3	Los dispositivos auxiliares del mango son difíciles de alcanzar, algunos requieren de una fuerza muscular excesiva mientras se utiliza el instrumental y requieren de habilidades motoras añadidas.
	4	No se ofrece variedad en tallas y formas de mango que permitan adaptar los diferentes tamaños de mano y preferencias del cirujano.
Berguer, R.	1	La posición de la pantalla de video en relación en relación con los ojos del usuario es casi sistemáticamente ignorada en VES (Video endoscopic surgery)
	2	Se ha demostrado que se requiere de 4 a 6 veces más fuerza para abrir el instrumental en esta técnica por las posturas a adoptar durante la intervención.
	3	La postura casi estática, posiciones corporales incómodas
	4	Aumento de las exigencias psicológicas

Tabla 1. Criterios que pueden influir en el diseño del instrumental laparoscópico.

Varios estudios indican que muchos elementos auxiliares siguen una dirección tecnológica más que clínica. Esto significa que la ergonomía de la mayoría de mangos está sólo evaluada después de la salida al mercado del producto y no en el proceso de diseño.

Otros reflejan que en cirugía laparoscópica, las lesiones laborales de los cirujanos son similares a las que ocurren en la cirugía tradicional, pero con mayor frecuencia debido al uso de instrumentos endoscópicos y a las posturas que el cirujano y sus ayudantes tienen que adoptar.

La tensión requerida para mantener la cabeza y el dorso del cirujano en ciertas posiciones durante una operación pueden dar origen a contractura de los músculos paravertebrales de la columna cervical y dorsal (trapecio, elevador de la escápula), lo cual causa dolor de cuello y dorso.

Los síntomas asociados al síndrome del túnel del carpo pueden ser causados por traumatismo directo al introducir un trocar o por tensión dinámica en la muñeca que persiste al sostener con fuerza y por periodos largos instrumentos sin cremallera, lo cual aplica presión directa sobre el retináculo lesionando al nervio mediano. Analizando este tipo de lesiones, se ha determinado una relación directa con una o más de las siguientes actividades realizadas durante la cirugía laparoscópica:

- Movimientos repetidos de la mano y muñeca.
- Tareas que precisen posiciones o movimientos forzados de la mano, como hiperextensión (Fig. 4) o hiperflexión (Fig. 5).
- Realización de movimiento de pinza con los dedos de forma repetida.
- Presión sobre la muñeca o sobre la palma de la mano de forma frecuente o prolongada.

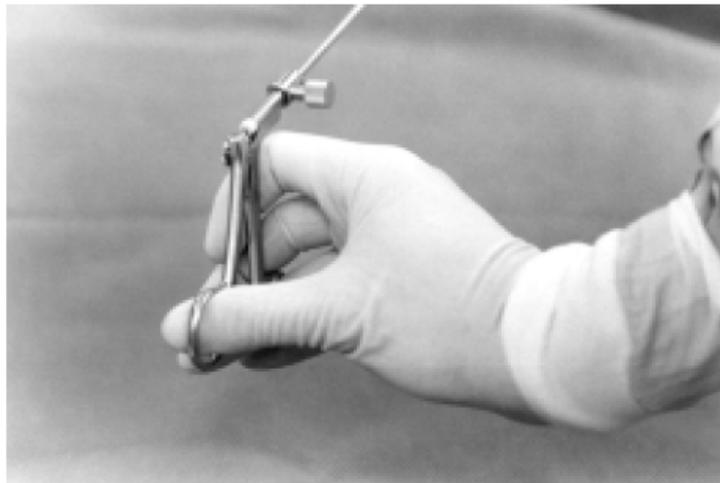


Figura 4. Extensión forzada de la muñeca. Lesión potencial: codo de tenista.

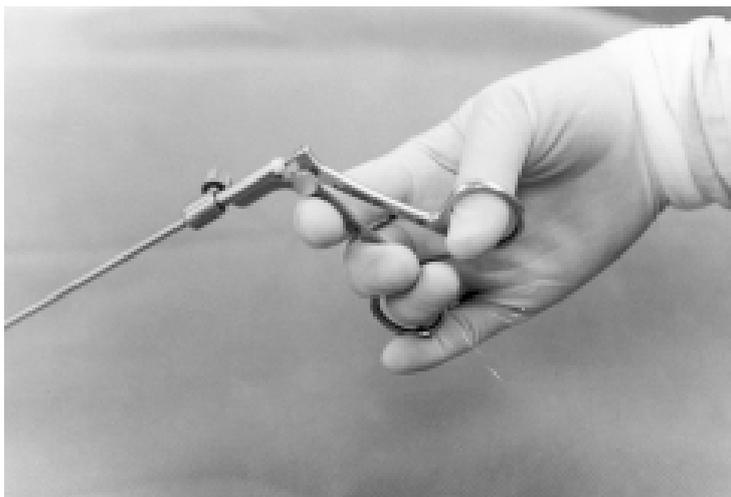


Figura 5. Flexión forzada de la muñeca. Lesión potencial: codo de golfista.

#### 4. Resultados

Los resultados obtenidos en el análisis documental y comparativo con el instrumental existente fueron la base para desarrollar unos criterios de mejora para el instrumental analizado (Fig. 1). La Tabla 2 muestra de forma resumida los criterios que Van Veelen (Van Veelen, 1999) ha obtenido para aplicar en la pinza de disección.

Pinza disector	1	El ángulo entre mango y vaina debe estar entre 14° y 50°.
	2	Cuando el mango es manipulado con un agarre de precisión, la posición de la muñeca debe ser neutral durante el 70 % del tiempo de manipulación
	3	Cuando el mango es manipulado con un agarre de fuerza, la posición de la muñeca debe ser neutral durante el 70 % del tiempo de manipulación
	4	La apertura de agarre debe estar comprendida entre 60 y 80 mm.
	5	Cualquier molestia (por ejemplo fricción y fuerzas de resortes) debe ser eliminada para disponer de un retorno de fuerza óptima de tejido en las manos del cirujano: si el mango es manipulado libremente no debe experimentarse fricción.
	6	El mango debe tener un mínimo de 10 mm de espesor para prevenir las presiones elevadas en el área de contacto.
	7	El instrumental debe estar provisto de un dispositivo rotatorio para permitir la rotación del instrumental. Este dispositivo de control debe ser manipulado por el pulgar o el segundo dedo, y cuando el instrumental se manipula libremente no debe experimentar fricción.
	8	El mango debe poder manipularse con ambas manos.
	9	Las dimensiones de los anillos para los dedos deben ser: longitud interna mínima 30 mm, anchura mínima interna 24 mm.
	10	El mango de una pinza de disección tiene que favorecer tanto el agarre de precisión como el de fuerza para la manipulación.

Tabla 2. Criterios según Van Veelen para el diseño de una pinza disectora laparoscópica.

## 5. Conclusiones

Aunque este estudio no puede establecer con certeza una relación causa-efecto, un análisis de todos los factores y variables que intervienen en el diseño del instrumental empleado en cirugía laparoscópica, debe repercutir en la mejora de su diseño, haciendo que su empleo sea más cómodo y sobre todo genere menos lesiones a los cirujanos, que en definitiva son los que sufren las deficiencias en el diseño de estos instrumentos.

Además, debe destacarse, que quizás el problema radica en la no existencia de estudios ergonómicos que generen guías de diseño a tener en cuenta en el desarrollo de dicho instrumental; algo que para los autores es de gran prioridad en el diseño de un instrumental que debe ser además de preciso, lo suficientemente cómodo para que, sin generar lesiones permita su empleo durante largos periodos de tiempo. Y todo ello, sin que el usuario tenga una reducción de la funcionalidad que el instrumental debe aportar durante todo el tiempo que dure la intervención por un diseño inadecuado.

## Referencias

- Berguer R. *The application of ergonomics in the work environment of general surgeons*. Rev Environ Health Vol 12 1997 pp.99-106
- Berguer R. *Surgical technology and the ergonomics of laparoscopic instruments*. Surgical Endoscopy Vol 12 1998 pp.458-462, ISSN-0930-2794
- Berguer R., Forkey, D.L., Smith, W.D., *Ergonomic problems associated with laparoscopic surgery*. Surgical Endoscopy 1999 13, pp. 466-468, ISSN-0930-2794
- Di Martino A., Doné, K., Judkins,T., Morse, J., Melander, J. *Ergonomic Laparoscopic Tool Handle Design*. Human Factors and Ergonomics Society 48<sup>th</sup> Annual Meeting Proceedings 2004, pp. 1354-1358, ISSN-1071-1813
- Goossens, R.H.M. y Van Veelen, M.A. 2006 *Ergonomics in the operation room during minimal invasive surgery* Proceedings of the 16th World Congress on Ergonomics, Maastricht, The Netherlands: International Ergonomics Association.
- Marvik, R.; Nerbakken, R.; Lango, T.; Yavuz, Y.; Vanhauwaert Bjelland, H.; Ottermo, M.V. y Stavdahl, O. *Ergonomics design criteria for a novel laparoscopic tool handles with tactile feedback*. Minerva Chirurgica Vol 61 2006,; pp. 435-44.
- Matern U., Eichenlaub M., Waller P., Rückauer K., *MIS instruments: An comparison of various ergonomic handles and their design*. Surgical Endoscopy Vol 13 (8), 1999 pp. 756-762, ISSN-0930-2794
- Trejo A., Jung M.C., Oleynikov D., Hallbeck M.S. *Evaluation of a Surgeon-Centered Laparoscopic Tool Design to conventional Tools* Human Factors and Ergonomics Society 49<sup>th</sup> Annual Meeting Proceedings 2005 pp. 1705-1709, ISSN-1071-1813
- Van Veelen, M.A. y Meijer, D.W. *Ergonomics and Design of Laparoscopic Instruments: Results of a Survey among Laparoscopic Surgeons*. Journal of Laparoendoscopic and Advanced Surgical Techniques Vol 9 (6); 1999, p. 481-489.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al CCMI (Centro de Cirugía de Mínima Invasión de Cáceres) y al IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia) su apoyo, al facilitar los datos de partida para la realización de este trabajo.

## **Correspondencia**

Alfonso González González

Plaza Islandia 6, 3ºC. 10005 Cáceres

Phone: +34 927 23 70 03

E-mail: [agonzalez@edu.juntaextremadura.net](mailto:agonzalez@edu.juntaextremadura.net)