



# Difusión de la ingeniería clínica en eventos académicos

Gaitán-González M.J.,\*  
Ortiz-Posadas M.R.\*\*

- \* Departamento de Ciencias de la Salud.  
\*\* Departamento de Ingeniería Eléctrica.  
Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México.

Correspondencia:  
Mercedes Jatziri Gaitán González,  
mjgg@xanum.uam.mx

Artículo recibido: 16/febrero/2007  
Artículo aceptado: 1/junio/2007

## RESUMEN

La ingeniería clínica se ha considerado una actividad profesional con interés en su divulgación académica y se ha incluido constantemente como un tema de los Congresos de Ingeniería Biomédica. Se realizó un análisis sobre los trabajos de esta área presentados en los últimos cinco años, en Foros Académicos a nivel nacional, latinoamericano e internacional, con la finalidad de presentar un panorama del desarrollo de la ingeniería clínica y de las tendencias que se observan en estos foros. Se identificó el tipo de temática de cada trabajo, de acuerdo con las principales actividades de ingeniería clínica. En total se presentaron 29 trabajos en el foro nacional, 71 en el latinoamericano y 317 en el internacional. A nivel nacional la mayoría de los trabajos fueron sobre gestión tecnológica, en los congresos latinoamericanos sobre evaluación de tecnología y a nivel mundial, sobre desarrollo tecnológico (incluyendo la telemedicina). Es necesario considerar que la atención médica está cambiando de un ambiente primordialmente hospitalario, a un ambiente difuso en centros de salud más pequeños o en el domicilio; esto impone nuevos retos a la ingeniería clínica que deben atenderse.

## Palabras clave:

Ingeniería clínica, Congresos, Foros Académicos.

## ABSTRACT

Clinical Engineering has been seen as a professional activity but there is an academic divulgation interest that has made it to be included as a theme in biomedical engineering conferences. The papers presented in the last five years in academic events at national, Latin-American and international levels, were analyzed to observe the Clinical Engineering development and the tendencies that could be obtained from these presentations. According to the main Clinical Engineering activities, each work was classified. In total, 29 papers were presented in the national conference, 71 in the Latin-American and 317 in the international one. Most of the national conference works were on Technology Management, while for the Latin-American meetings were on Technology Assessment and in the international one, including telemedicine, on Technology Development. The medical assistance is changing from a mainly hospital environment to a diffuse one, spread into smaller health providers or even as home-care; this represents new challenges to Clinical Engineering to be solved.

## Key Words:

Clinical engineering, Conference, Academic events.

## I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería clínica (IC) se concibe como una especialidad de la ingeniería biomédica en la que el ingeniero desarrolla sus actividades como parte integral de los grupos multidisciplinarios al cuidado de la salud. El ingeniero clínico es un profesional facultado para desempeñarse en la gestión tecnológica en el ámbito hospitalario, definida como la suma de procedimientos de ingeniería y gerencia que permiten asegurar el uso óptimo de la tecnología médica instalada en la institución, contribuyendo a que la estancia del paciente en el ámbito hospitalario sea segura. De esta manera, se ha considerado a la ingeniería clínica como una actividad profesional más que académica, que evoluciona resolviendo las necesidades y retos que la tecnología médica genera dentro del ámbito hospitalario, en una cotidianidad del trabajo día con día. Sin embargo, su inclusión como tema de los diversos foros académicos ha sido constante, al considerarla como una de las áreas de desarrollo de la ingeniería biomédica. Dado que en estos foros se presentan los avances de la disciplina en las diversas áreas que la conforman, consideramos que el análisis de los trabajos presentados en eventos nacionales e internacionales permitiría detectar y evaluar el desarrollo de la ingeniería clínica, tanto a nivel nacional como internacional. En este trabajo se presenta el análisis realizado sobre los trabajos de esta área presentados en tres foros académicos en los últimos cinco años, así como las tendencias de desarrollo observadas a través de estas presentaciones.

## II. METODOLOGÍA

Se consideró un intervalo de cinco años (2002-2006) y tres foros académicos: el Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica (CNIB) organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB)<sup>1</sup>, el Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica (CLAIB), organizado por el Consejo Regional de Ingeniería Biomédica para América Latina (CORAL)<sup>2</sup> y el Annual International Conference of the IEEE, de la Engineering in Medicine and Biology Society (AIC-EMBS)<sup>3</sup>. Se analizaron los trabajos presentados en las memorias de las últimas cinco ediciones del CNIB, las últimas dos ediciones (2001 y 2004) del CLAIB por ser un evento tri-anual y las últimas cinco del AIC-EMBS.

Para definir si un trabajo pertenecía a la temática de ingeniería clínica se tomó en cuenta la clasi-

ficación hecha por los organizadores del mismo Congreso; en caso de que la clasificación no fuera clara, se realizó la búsqueda basándose en los principales temas de desarrollo de la ingeniería clínica. De este modo, los trabajos se clasificaron de acuerdo con los siguientes temas:

1. *Gestión tecnológica*. Metodologías y herramientas que modelen, controlen y evalúen los procesos relacionados con el control de equipo médico, como son: inventario físico y funcional, rutinas de inspección, mantenimiento preventivo y correctivo, calibración, que coadyuven en la optimización del uso y manejo seguro de la tecnología médica.
2. *Evaluación de tecnología médica*. Metodologías de análisis de la funcionalidad de la tecnología disponible que optimicen la capacidad tecnológica de las instituciones de salud.
3. *Diseño y remodelación de áreas clínicas*. Métodos de evaluación y diagnóstico de infraestructura hospitalaria instalada, así como de su diseño para garantizar el suministro de insumos e instalaciones necesarios para el uso seguro de la tecnología médica.
4. *Impacto de la tecnología médica en la calidad del servicio clínico*. Metodologías y herramientas que midan el impacto de la disponibilidad de tecnología médica en la calidad del servicio clínico.
5. *Desarrollo de tecnología*. Desarrollo e innovación de tecnología para la solución de problemas en el medio hospitalario.

Se calculó la proporción total de trabajos de ingeniería clínica en cada evento y de ellos, la de trabajos en cada una de las temáticas descritas.

## III. RESULTADOS

### A. La ingeniería clínica en el contexto nacional

De los trabajos presentados en el Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica durante los últimos cinco años (2002-2006)<sup>4-8</sup>, en total se presentaron 216 trabajos, de los cuales 29 (13.4%), ocho en 2002, dos en 2003, siete en 2004, y seis tanto en 2005 como en 2006, fueron sobre temas relacionados con ingeniería clínica: 15 (51%) de ellos se ubicaron en la temática de gestión tecnológica, lo cual resulta natural en el contexto nacional, ya que en estudios previos<sup>9</sup> se ha demostrado que

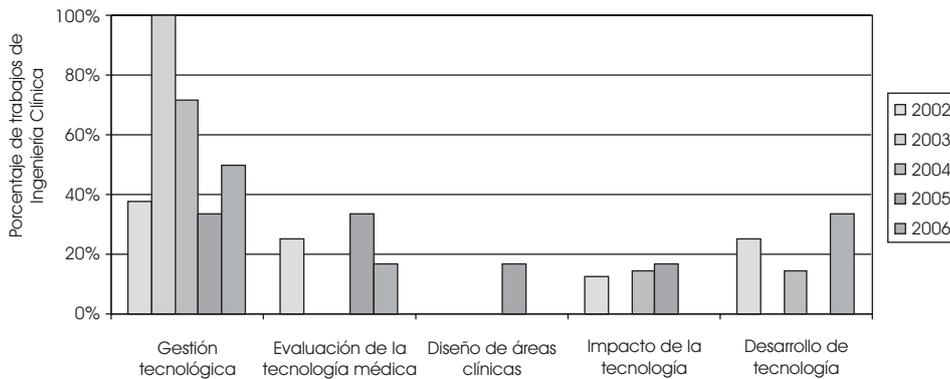
las principales actividades que realizan los departamentos de ingeniería biomédica en los hospitales están relacionadas con las divisiones de servicio y mantenimiento y administración, lo que implica que el desempeño de la ingeniería biomédica se ubica en los niveles operativo y táctico. Continúan las temáticas de evaluación de la tecnología y desarrollo de tecnología con cinco trabajos (17%) en cada una, le sigue el impacto de la tecnología en el servicio clínico, con tres trabajos (10%) y por último diseño y remodelación de áreas clínicas con un solo trabajo (3%). En la Figura 1 se presenta la distribución de las proporciones de los trabajos por temática por año para el periodo considerado.

Aunque se trata de un evento nacional también se han presentado trabajos de otros países de América Latina como Brasil, que participó con dos trabajos de evaluación de tecnología en 2002 y con uno más de desarrollo de tecnología en 2006, Perú con un trabajo sobre gestión tecnológica en 2004 y Colombia con un trabajo de evaluación de tecnología en 2006. Esto significa que aunque el Congreso es mexicano, tiene impacto en el trabajo que se desarrolla en América Latina.

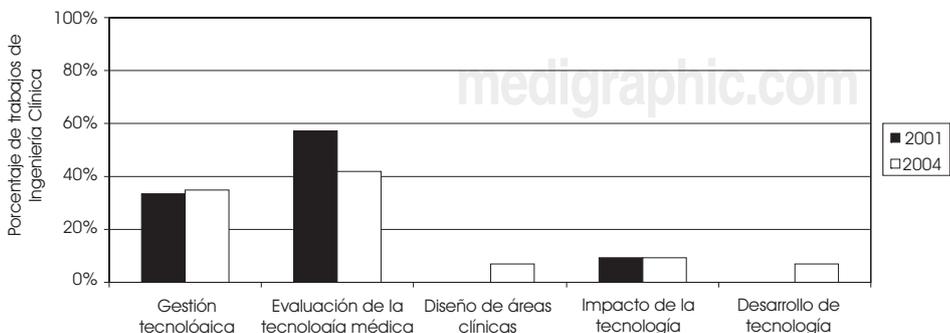
### B. La ingeniería clínica en América Latina

En el II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, realizado en La Habana, Cuba<sup>10</sup>, de un total de 331 trabajos se presentaron 21 (6.3%) sobre ingeniería clínica: 7 (33%) sobre gestión tecnológica, 12 (57%) sobre evaluación de tecnología y 2 (10%) sobre impacto de la tecnología. Por su parte, el III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, realizado en Joao Pessoa, Brasil<sup>11</sup>, albergó un total de 461 trabajos, de los cuales 43 (9.3%) fueron sobre ingeniería clínica, con la siguiente distribución: 15 (35%) sobre gestión tecnológica, 18 (42%) sobre evaluación de tecnología, 3 (7%) sobre diseño de áreas, 4 (9%) sobre impacto de la tecnología en los servicios médicos y 3 sobre desarrollo (7%). En la figura 2 se puede observar la distribución de las proporciones temáticas de los trabajos presentados en estos dos eventos. Cabe destacar que en este foro, la gestión tecnológica pasó a un segundo plano mientras que la evaluación de la tecnología médica obtuvo la proporción máxima.

Sobre la participación de los países, en el congreso llevado a cabo en La Habana, Cuba, en el caso de Brasil se presentaron 8 trabajos (38%), Cuba 7 (33%), México 3 (14%), Argentina, Chile y Vene-



**Figura 1.** Distribución temática de los trabajos de ingeniería clínica presentados en el Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica por año.



**Figura 2.** Distribución temática de los trabajos de ingeniería clínica presentados en el Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica por evento.

zuela un solo trabajo (5%) cada uno. Para el congreso realizado en Joao Pessoa, Brasil, el país anfitrión presentó 36 trabajos (84%), México 3 (7%), Cuba 2 (5%), Argentina y Perú un solo trabajo (2%) cada uno. Si bien era posible que en el Congreso realizado en Joao Pessoa la participación de Brasil fuera más abundante por ser el país sede, lo mismo sucedió en el Congreso realizado en Cuba, por lo que es consistente la alta participación de ese país en esta temática.

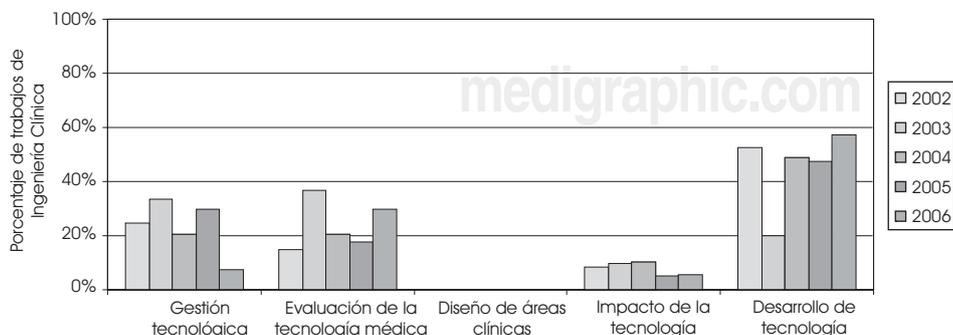
### C. La ingeniería clínica a nivel internacional

El tema que albergó a los trabajos de ingeniería clínica en el 24th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society IEEE, realizado en 2002 en Houston, EUA<sup>12</sup>, fue "Telemedicine, Clinical Engineering, and Health Care Systems". El 4.4% (61 trabajos de un total de 1,371) fueron sobre este tema: 15 (25%) sobre gestión tecnológica, 9 (15%) sobre evaluación de tecnología, 5 (8%) sobre impacto de la tecnología y 32 (52%) sobre desarrollo de tecnología. Para el Congreso del año siguiente, realizado en Cancún, México<sup>13</sup>, el tema se llamó "Clinical Engineering – Technology Integration Management and Telemedicine" y representó el 2.9% del total de trabajos (30 de 1,026 trabajos). Su distribución temática fue: 10 trabajos (33%) de gestión tecnológica, 11 (37%) sobre evaluación de la tecnología, 3 (10%) de impacto de la tecnología y 6 (20%) de desarrollo de tecnología. En el Congreso de 2004 en San Francisco, EUA<sup>14</sup>, el tema ya sólo se llamó "Clinical Engineering", aún incluyó los trabajos de telemedicina, y representó el 2.6% (38 trabajos) del total (1,453 trabajos). Hubo 8 trabajos (21%) de gestión tecnológica, 8 (21%) de evaluación de la tecnología, 4 (10%) de impacto de la tecnología y 19 (49%) sobre desarrollo tecnológico. Al año siguiente, en Shanghai, China<sup>15</sup>, el tema tuvo el mismo nombre y una parti-

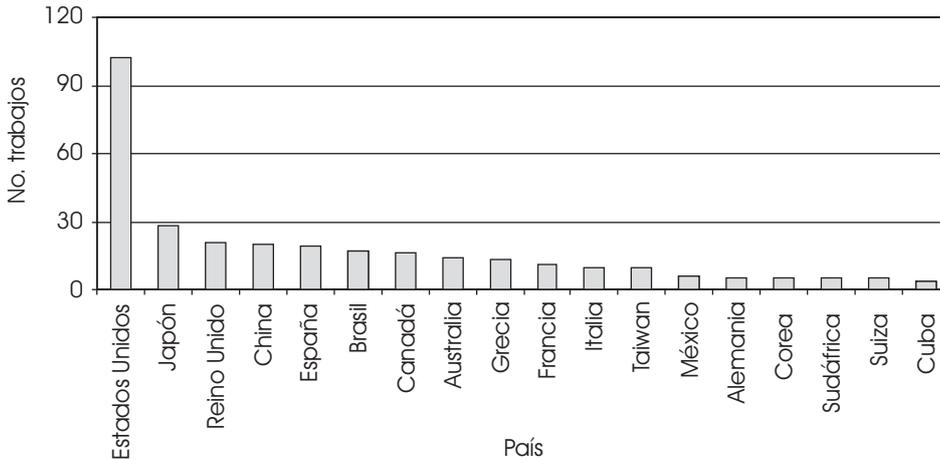
cipación del 2% (40 de 1,999 trabajos); su distribución temática fue: 12 de gestión tecnológica, 7 sobre evaluación de tecnología, 2 de impacto de la tecnología y 19 sobre desarrollo de tecnología. Por último, en el Congreso de 2006 en Nueva York, EUA<sup>16</sup>, el tema cambió al nombre "Clinical Engineering and Health care Information Systems", con una gran participación, 8.6% (147 trabajos de 1,712): 11 (7%) de gestión tecnológica y 44 (30%), 8 (5%) y 84 (57%) de evaluación, impacto y desarrollo de tecnología, respectivamente. Como es claro, el desarrollo tecnológico es el área con mayor número de trabajos en este foro internacional. En la Figura 3 se puede observar la distribución por temas de los trabajos de ingeniería clínica presentados en las cinco últimas ediciones de la Annual International Conference of the IEEE, de la Engineering in Medicine and Biology Society.

La participación por país fue muy variada, desde Estados Unidos, Japón o Reino Unido, hasta Tasmania o Estonia. En la Figura 4 se presenta la distribución de los trabajos por país, considerando los que aportaron hasta el 90% de los trabajos. De los países latinoamericanos, destaca la participación de Brasil (17 trabajos), seguida por México (6 trabajos) y Cuba (4 trabajos). Las presentaciones de México en esta temática han sido: en el caso del Congreso celebrado en Houston, una sobre gestión tecnológica, una en Shanghai sobre evaluación de tecnología y cuatro en Nueva York, una de gestión tecnológica y dos y una sobre evaluación y desarrollo de tecnología, respectivamente. En Cancún se presentó un trabajo sobre educación y proyectos de ingeniería clínica, pero fue bajo la temática de educación.

Figura 1. Distribución por país del 90% de los trabajos de Ingeniería Clínica presentados en la Annual International Conference of the IEEE, de la Engineering in Medicine and Biology Society de 2002 a 2006.



**Figura 3.** Distribución temática de los trabajos de Ingeniería Clínica presentados en los Annual International Conference of the IEEE, de la Engineering in Medicine and Biology Society por año.



**Figura 4.** Distribución por país del 90% de los trabajos de Ingeniería Clínica presentados en la Annual International Conference of the IEEE, de la Engineering in Medicine and Biology Society de 2002 a 2006.

#### IV. DISCUSIÓN

Los temas de ingeniería clínica son tratados continuamente en los foros académicos de ingeniería biomédica, en proporciones que van del 2% a cerca del 10% del total de trabajos presentados. Respecto a la temática tratada, es claro que en el foro nacional la mayoría de los trabajos son de gestión de la tecnología médica, siguiendo con la temática de evaluación de la tecnología en el latinoamericano y culminando con el desarrollo tecnológico en el foro internacional. El diseño y remodelación de áreas clínicas no es un tópico que se trate comúnmente en ninguno de los tres foros. La tendencia observada indica que a nivel nacional la mayoría de las funciones que se reportan son operativas, mientras que internacionalmente se tiende a presentar las investigaciones y diseños que se están realizando. Otra observación en este sentido es la poca participación de México en temas de ingeniería clínica a nivel internacional. En los congresos internacionales, la mayor parte de los trabajos propuestos por connacionales de las temáticas analizadas se refieren a evaluación de la tecnología, pero esto no significa que sea la rama en la que más se esté trabajando, sino que es la que se reporta en estos foros.

En México, existen trabajos innovadores y de calidad, desarrollados con instituciones de salud en diversos ámbitos del quehacer de la ingeniería clínica, por ejemplo varios a los que se hace alusión en [17], que no llegan a los foros académicos; en este sentido es conveniente promover, tanto a nivel nacional como internacional, la comunicación de los resultados que se obtienen en los proyectos

de ingeniería clínica que se desarrollan en nuestro país.

Existen varios tópicos incluidos, explícita e implícitamente, en la temática de ingeniería clínica en el foro internacional que han hecho que los temas de desarrollo tecnológico cobren mayor importancia en éste que en los otros foros. Entre estos tópicos están telemedicina, cirugía automatizada y asistida por computadora, sistemas de soporte de decisiones, sistemas inteligentes de monitoreo, cuidados externos a los hospitales. Esta tendencia de la ingeniería clínica y la importancia de adaptarse a los retos que le exige la necesidad de cuidados de pacientes crónicos ya ha sido discutida en la literatura<sup>18</sup> y debería considerarse también en nuestro país, ya que las necesidades de tecnología médica fuera del ambiente hospitalario son cada vez mayores, así como las necesidades de su disponibilidad segura, sin el control directo ni de la tecnología ni del ambiente, son una temática muy importante a desarrollar.

En este sentido, no sólo es importante participar en el desarrollo y evaluación tecnológica que las nuevas tendencias en la atención médica requieren, sino que además se debe considerar que el cambio de paradigma para una cobertura más amplia de la población, así como la atención continua de padecimientos crónicos, requiere de una gestión tecnológica diferente. Por otro lado, la atención médica que hasta ahora había sido proporcionada prácticamente sólo en el hospital, se ha comenzado a difundir no sólo en centros de atención a la salud más pequeños o móviles, como sería el caso de varias aplicaciones de telemedicina, sino en el mismo domicilio. Por esto se requiere bus-

car los mecanismos, métodos y estrategias de gestión tecnológica adecuados, que permitan proveer servicio de atención a la salud mediante la utilización segura y eficiente de la tecnología médica en ambientes no controlados, con los consecuentes requerimientos de interfase y comunicación que se deben desarrollar con el hospital o centro de salud. Todos estos aspectos resultan retos importantes para la ingeniería clínica y su desarrollo en el futuro inmediato.

## V. CONCLUSIÓN

La ingeniería clínica está continuamente presente en foros académicos, principalmente a través de trabajos relacionados con la gestión tecnológica, con la evaluación y el desarrollo de tecnología médica en los foros nacional, latinoamericano e internacional, respectivamente, mientras que el tópico de diseño y remodelación de áreas clínicas prácticamente no es tratado en estos eventos.

Las tendencias observadas indican que en nuestro país aún nos encontramos en una etapa operativa que debe ir evolucionando hacia la solución de los nuevos retos que las tendencias en la atención a la salud proponen, como la migración de la atención del hospital a centros de salud más pequeños o en el domicilio. Estos retos son tanto de desarrollo tecnológico como de aplicación y gestión de la tecnología.

Por otro lado, desde el punto de vista de la organización de las instituciones de salud, la ingeniería clínica deberá tender a posicionarse en los niveles táctico (coordinación) y estratégico (planeación), con el fin de incidir de manera directa en todas las acciones relacionadas con la tecnología médica y su disponibilidad en los centros de salud, así como su impacto en la calidad de los servicios médicos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, 2007. Disponible en: <http://www.somib.org.mx> Última consulta mayo, 2007.
2. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, 2007. Disponible en: <http://www.somib.org.mx> Última consulta mayo, 2007. Disponible en: <http://www.coralbiomedica.org/> Última consulta mayo 2007.
3. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. Disponible en: <http://embbs.gsbme.unsw.edu.au/> Última consulta mayo 2007.
4. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica. Memorias del XXVI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica: Monterrey, NL, 2002.
5. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica. Memorias del XXVI Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. México, D.F., 2003.
6. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica. Memorias del XXVII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. Acapulco, Gro., 2004.
7. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica. Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. Acapulco, Gro., 2005.
8. Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica. Memorias del XXIX Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. Ixtapa, Zihuatanejo, Gro., 2006.
9. Ortiz-Posadas MR, Tafuya-Doñán F, Pimentel-Aguilar AB, Rodríguez-Vera R. Funciones de los Departamentos de Ingeniería Biomédica en Instituciones de Salud Pública y Privada en México. Memorias III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. Joao Pessoa, Brasil, IFMBE Proceedings, 2004; 5: 373-376.
10. CORAL. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana, Cuba, 2001.
11. CORAL. Memorias del III Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. Joao Pessoa, Brasil, 2004.
12. CORAL. 24th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society IEEE, Houston EUA, 2002.
13. 25th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society IEEE, Cancún México, 2003.
14. 26th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society IEEE, San Francisco, 2004.
15. 27th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society IEEE, Shanghai China, 2005.
16. 28th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society IEEE, Nueva York EUA, 2006.
17. Ortiz-Posadas MR, Ortiz-Pedroza MR, Martínez-Licona FM, García-González MT, Gaitán-González MJ. Development of Projects by Clinical Biomedical Engineering Students, 25th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE. Cancún México, 2007: 3529-3532.
18. Grimes SL. The Future of Clinical Engineering: The Challenge of Change. IEEE Eng Med Biol Magazine, 2003; 22(2): 91-99.