

# 1

## PROYECTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS

**Franco Simini**

---

El proyecto de un equipo para uso médico es una actividad que involucra el enfoque profesional del médico y la capacidad de creación del ingeniero. Se procede mediante la interacción de diversos especialistas en la definición de un instrumento para luego proyectarlo y construirlo, seguida por la verificación de su eficacia en la clínica y nuevamente la vuelta al diseño para mejorarlo. En este capítulo se presentan los lineamientos generales para encarar un proyecto de equipo biomédico, cuyos detalles que hacen a su especificidad (marcapasos, ventilador o máquina de diálisis) serán explorados en los capítulos siguientes. Los aspectos de seguridad en el proyecto, dada su importancia, serán abordados en un capítulo dedicado exclusivamente a ellos.

---

### 1.1 LAS ETAPAS DEL PROYECTO

---

En este inicio de siglo XXI, las tecnologías digitales y de comunicaciones están presentes en el desarrollo de equipos que generalmente tienen conexión a la red telemática, lo que implica el registro de datos clínicos y su distribución espacial. La disponibilidad de elementos digitales hace que la implementación de funciones de procesamiento de señales y de imágenes pueda resolverse ya sea por circuitos dedicados, o como módulos de programa. El Ingeniero Biomédico tiene entonces la elección de tecnologías electrónicas e informáticas para cumplir el mismo resultado. Por lo tanto los equipos electromédicos y los equipos médicos telemáticos ya no se diferencian y sus funciones coexisten en el mismo instrumento. La manifestación más evidente de este estado de la tecnología es que todos los equipos biomédicos incluyen una (o varias) computadoras y procesadores digitales.

Un equipo biomédico es una solución tecnológica para la medida de un parámetro del paciente (variable fisiológica o imagen), para cumplir un tratamiento o para sustituir alguna función que el paciente no puede realizar. El primer grupo comprende los aparatos de diagnóstico que extraen información primaria, procesan datos y generan informes. El segundo grupo abarca los equipos terapéuticos, como por ejemplo las bombas de infusión continua. El tercer grupo comprende las prótesis e incluye el marcapasos cardíaco como representante emblemático.

Del punto de vista tecnológico el equipo biomédico incluye una amplia gama de tecnologías que abarca desde la mecánica hasta la electrónica y la informática pasando por las tecnologías de materiales, todas puestas al servicio de un objetivo muy particular: facilitar el ejercicio de la medicina con herramientas que den los mejores resultados posibles. En el proyecto de equipos biomédicos intervienen aspectos de seguridad del paciente, de la fisiología humana y de los objetivos terapéuticos perseguidos, en el marco de un enfoque general de ingeniería.

Es importante seguir las etapas del proyecto y de la realización de un equipo biomédico: desde la concepción de un equipo hasta su producción, la ingeniería biomédica se organiza en una secuencia que ordena el trabajo:

- Estudio del fenómeno a medir
- Modelo de sistema
- Integración de partes
- Seguridad del paciente y operador
- Proyecto y programación
- Documentación
- Producción
- Pruebas

A lo largo del proyecto es fundamental mantener una cuidadosa documentación para cotejar las previsiones con la realidad posterior. Del análisis de la documentación de desarrollo el profesional deducirá sus aprendizajes más valiosos, disponibles para ser aplicados en los proyectos siguientes. En el párrafo siguiente abordamos los aspectos de documentación típicos de todo emprendimiento de ingeniería, que no sería tal sin una cuidadosa documentación profesional. Las buenas prácticas de planificación y documentación de proyectos están asociadas a la certificación de calidad de procedimientos, que ocupan un lugar de importancia creciente en el intercambio comercial e industrial: los conceptos descritos aquí podrán llevarse a la práctica con los formalismos de las normas ISO 9001/2000 que consolidarán la metodología en el grupo de proyecto (4).

La gestión de un proyecto contempla elementos que permiten organizar el trabajo. La organización de un proyecto biomédico no difiere en líneas generales de la de otras realizaciones tecnológica, a excepción de los temas de seguridad del paciente y de certificación. Los objetivos de la buena administración de un proyecto comprenden la capacidad de controlar el proyecto, desde el triple punto de vista del tiempo, del costo y de las características técnicas. La preocupación excesiva en detalles técnicos secundarios prolonga un proyecto más allá de lo inicialmente establecido; el deseo de recortar costos termina desvirtuando el resultado en cuanto a confiabilidad o buen diseño. La Figura 1.1 muestra los tres aspectos fundamentales de la conducción de un proyecto.

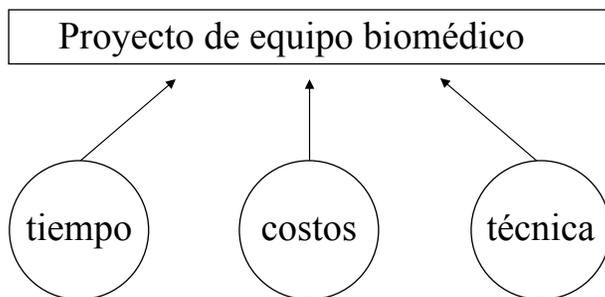


Figura 1.1 – Elementos de un proyecto para su gestión. El proyecto de equipos biomédicos implica, además de los desafíos técnicos, aspectos de tiempo de desarrollo y costos de mano de obra y componentes.

Generalmente un desarrollo parte de **una idea**, que se documenta en pocas líneas de texto con una indicación de la factibilidad en términos de costos, tiempos y equipos similares existentes. La actividad de consultoría ordenada lleva a la redacción de numerosas ideas de proyectos, muy pocas de las cuales se llevarán a la práctica pero cuyo registro se demuestra importante en el momento en que se vuelve a plantear un equipo entrevisto años antes.

El proyecto de un equipo biomédico comprende un conjunto de documentos que lo definen y que le aseguran visibilidad y evaluación externa. No se puede concebir un proyecto sin sus documentos formales y vice versa, tomando contacto con los documentos de un proyecto se puede conocer y evaluar un proyecto, mejor que si se tiene acceso al prototipo. En la Tabla 1.1 se listan los documentos de un proyecto de equipo biomédico, desde su concepción hasta el uso clínico. Existen otros documentos, como la historia clínica de cada ejemplar de equipo o los informes de ensayos de seguridad, que no se refieren específicamente al proyecto y que son mencionados en los capítulos sobre Mantenimiento y sobre Seguridad eléctrica.

**Tabla 1.1 – Documentos del Proyecto de Equipos Biomédicos.**

Documento	Etapa			
	Preliminar	Proyecto	Pruebas	Difusión
Idea	X			
Especificación	X	X		
Bitácora	X	X	X	
Planilla de horas		X	X	
Planilla de compras		X		
Tablas Comparativas		X		
Protocolo de pruebas			X	
Folleto o sitio internet				X
Manual técnico		X		
Manual del usuario			X	
Protocolo clínico			X	
Publicación		X	X	X

El documento fundamental de un desarrollo es la **especificación del equipo a proyectar**, que describe en detalle las características técnicas. La especificación es un documento general afinado a lo largo de las sesiones preparatorias con el cliente o quien encomienda el trabajo y es el resultado de la capacidad de síntesis del ingeniero. Su contenido es suficientemente detallado como para que no quepan dudas acerca de lo que va a cumplir el equipo y de lo que se excluye. Si bien su contenido comprende detalles técnicos muy precisos, su redacción es comprensible por parte de los demás actores involucrados como el médico, odontólogo o profesional que participó en su definición. Este requisito implica que se describan con palabras simples sus características, al estilo de lo que conocen los ingenieros de sistemas de computación como “casos de uso”. Además de la descripción simple, la especificación hace referencia a tablas, párrafos o fórmulas que definen el producto en términos de ingeniería biomédica. La especificación contiene una estimación de tiempos y costos asociados a la entrega de un prototipo, de acuerdo a la mejor previsión posible.

Una vez que se inicia la realización de un proyecto, asume gran importancia el documento de seguimiento, o **bitácora**, cuya forma varía según cada proyectista. La esencia de este documento es el registro diario de las actividades realizadas incluyendo las dudas, las decisiones tomadas y el tiempo invertido por cada integrante del grupo de trabajo. Del análisis retrospectivo de la bitácora saldrán las estimaciones de costos, incluyendo los del propio proyectista que hace de esta manera la gestión de su esfuerzo. La caracterización de las tareas realizadas en cada hora de trabajo por categorías, se traduce en estimaciones más precisas como por ejemplo:

- estudio
- reuniones con equipo multidisciplinario
- proyecto de circuitos
- programación de computadora
- compras y obtención de materiales
- armado de prototipo
- pruebas
- documentación (técnica y para el usuario)

Para registrar las horas y las compras se usan programas de productividad personal como planillas electrónicas y bases de datos que facilitan su procesamiento, pero probablemente el registro primario personal siga siendo un cuaderno que el proyectista tiene siempre a mano. Los gastos y compras del desarrollo deben ser cuidadosamente documentados, para que quede el registro de las opciones que se estudiaron antes de tomar la decisión de un gasto. Las **planillas de compra** resumen de manera comparable, en un solo documento, las ofertas que fueron consideradas. El ejemplo de la Tabla 1.2 incluye las características comunes de las ofertas y un recordatorio de la razón por la cual se tomó la decisión de compra.



Tabla 1.3 muestra sobre qué elementos se basó el proyectista para tomar la decisión de la tecnología para implementar una campana de vacío.

**Tabla 1.3 – Tabla Comparativa de Diseño.** Para tomar una decisión de diseño se comparan soluciones tecnológicas para una campana de vacío que reduce la presión intra abdominal (proyecto ABDOPRE).

Empresa	Precio	Observaciones	Espesor	Peso	Teléfono
Xir Acrílicos	\$4000 molde + \$1800 cada pieza	<i>Hacen la campana con forma para adaptarse al abdomen humano</i>	5 mm	0.9 Kg	613-67-37
Acriform	\$800 + impuestos	Diámetro 40 cm. Altura 20 cm.	5 mm	No indica	336-23-82
Fivisur	U\$S500	Plástico reforzado en fibra de vidrio. <b>Difícil de esterilizar</b>	10 mm	8 Kg	347-96-97
Tiefesa	\$150 por pieza si fabrican 10	Aguanta -40mmHg.	20 mm	5Kg	606-09-11

Una vez que el prototipo está funcionando, debe ser sometido a las pruebas que demuestren que cumple las especificaciones con el nivel de seguridad deseado y por lo tanto puede ser aplicado o usado en la clínica. El conjunto de pruebas está descrito en los **Protocolos de Pruebas**. La complejidad de las pruebas depende del equipo, diferentes para una balanza de paciente y para un monitor invasivo. El protocolo de pruebas inicia describiendo el objetivo perseguido en cada etapa y la manera de lograrlo incluyendo la cantidad de medidas o de pruebas necesarias. El protocolo hará referencia a las normas de seguridad que debe cumplir el equipo y a la manera de medir, por ejemplo, las corrientes de fuga. Cada prueba estará detallada para indicar si se hace una medida o evaluación con un paciente o con elementos inanimados como “fantomas” o bancos de prueba. En caso de prever un conjunto de medidas en pacientes (**Protocolo Clínico**) se detalla su número y sus características, además de las referencias que se toman para demostrar la equivalencia o veracidad de las nuevas medidas. Los protocolos de prueba son documentos de gran importancia por los siguientes motivos:

- ordenan las pruebas evitando duplicaciones y omisiones
- permiten obtener documentación sobre las características del equipo
- permiten obtener el aval de los Comités de ética para el trabajo con pacientes

A medida que se ejecuta el **Protocolo** se registran los resultados en las tablas predispuestas de antemano. Se procesan los datos para determinar los aspectos a mejorar o aquellos que aun no cumplen con la especificación. Durante las pruebas se documenta el acuerdo (o desacuerdo) entre proyecto y realidad: en caso de carencias del prototipo se inicia un ciclo de ajustes (y eventualmente de rediseño)

para cumplir con lo especificado. Cada ciclo o cada versión de programa tiene su documentación de pruebas en base a protocolo y no es correcto corregir los resultados de pruebas anteriores cuando se aplica un prototipo que contiene cambios. Este concepto de documentación exhaustiva de versiones proviene de la ingeniería de la programación y se aplica con propiedad a la ingeniería biomédica al igual que en toda realización con implicancias sobre la seguridad, la trazabilidad de errores y la certificación de calidad.

En algún momento del desarrollo es deseable transmitir los objetivos del proyecto a un círculo de personas mayor que el grupo de diseño, lo que lleva a documentar el prototipo en un **folleto**, una presentación multimedia o un artículo técnico. La vía de comunicación puede ser el papel o un sitio de internet. Esta difusión preliminar es de gran valor para comunicarse con una audiencia calificada de proyectistas, médicos de la especialidad o técnicos de instalación y mantenimiento. El esfuerzo de ordenamiento del material en un artículo o en presentaciones a lo largo del proyecto contribuye al éxito de la tarea.

---

## 1.2 ESTUDIO DE LA FISIOLÓGÍA Y PLANTEO DE MODELOS

---

El proyecto de un equipo biomédico se basa en el estudio previo de un subsistema de la fisiología humana. El proyectista enmarca el objetivo de medir algún parámetro a deducir del paciente (señal de flujo respiratorio) o de sustituir una de sus funciones vitales (estimular el corazón cuando sea necesario) en el entendimiento del fenómeno que va a registrar. Este estudio busca conocer los mecanismos de interacción de variables y es conocido como Fisiología o Fisiopatología, conocimiento que subyace pero que no es equivalente al conocimiento clínico, limitado a las manifestaciones del fenómeno en los pacientes. De allí que las fuentes a consultar sean a menudo diferentes de las que consultan los clínicos durante su formación. Para el proyecto de un equipo interesa establecer el modelo que pone en relación las diferentes variables a medir e interesan las características técnicas de las magnitudes a medir. Por ejemplo, para el proyecto de un equipo de registro de la señal de electrocardiograma (ECG) generada por el corazón, nos interesa saber que se trata de una señal eléctrica, estimar su ancho de banda, su amplitud y la impedancia del instrumento que la puede medir. En cambio para el proyecto de un marcapasos el estudio de la fisiología cardíaca es más profundo ya que incluye detalles de la estimulación del corazón con sus marcapasos naturales, sus retardos y la intensidad de un estímulo externo capaz de lograr una contracción similar a la natural. En caso de medir el flujo aéreo que entra y sale de los pulmones, se adopta un modelo que pone en relación las diferentes señales involucradas: el flujo de aire y la diferencia de presión que provoca el flujo. Este modelo comprende los parámetros de resistencia y complacencia que explican los diferentes comportamientos de los pacientes según su estado de salud. Es imprescindible tener una buena comprensión de los modelos para simplificar y entender los fenómenos fisiológicos antes de iniciar el proyecto del equipo.

En ocasiones, no se cuenta con un modelo disponible que ayude en el desarrollo y entonces será parte del proyecto su exploración y la postulación de relaciones entre variables, lo que transforma el desarrollo instrumental en investigación fisiológica. Es en las etapas previas de especificación y desarrollo que el proyectista evalúa si dispone de los elementos formales necesarios para su tarea o si debe incluir y ampliar la tarea de investigación básica. Consideremos un ejemplo de desarrollo instrumental en ausencia de un modelo establecido del fenómeno sobre el cual actuar: se plantea el proyecto de una bomba que reduzca la presión intraabdominal por aplicación externa de una presión negativa. Si bien se conoce el orden de magnitud de la presión que desarrolla el paciente infectado y la presión a la que se quiere llegar, no hay estimaciones del comportamiento elástico y disipativo de la pared abdominal sobre la cual actúa la campana de vacío. Para estimar la potencia de la bomba, el proyectista plantea un modelo simple del fenómeno al que se enfrenta con un valor estimado mínimo y otro máximo de los parámetros desconocidos, acudiendo a la literatura sobre características de tejidos animales. Este modelo, junto a las especificaciones de tiempo de acción y presión de equilibrio a mantener, es necesario para proyectar el nuevo instrumento.

---

### 1.3 INTEGRACIÓN DE PARTES

---

En realizaciones de Ingeniería Biomédica, que incluyen un alto valor agregado en diseño, la integración de partes existentes es de primera importancia. No es necesario desarrollar todas las partes del equipo y el proyecto puede entonces concentrarse en los elementos novedosos del equipo al incorporar todos los elementos disponibles en el mercado que cumplan con las exigencias. Por ejemplo, en caso de necesitar una fuente de alimentación, se busca un modelo con características compatibles con la seguridad del paciente: corriente de fuga acotada (menos de 10 microA), aislamiento que soporte una dada tensión entre primario y secundario del transformador (5000 V) y una vida media superior a la que se le quiere conferir al equipo en su conjunto. No es generalmente conveniente diseñar y producir una fuente de poder especialmente para el equipo en desarrollo, a menos que sea imprescindible para cumplir con las especificaciones, como por ejemplo una forma determinada o una combinación de voltajes diferentes de las fuentes de la oferta comercial.

Los elementos existentes a los cuales se recurre son muy numerosos y abarcan desde sistemas digitales, circuitos de adquisición de señales, motores de pasos y sus controladores, hasta elementos de programación bajo forma de “librerías” o conjuntos de rutinas y estructuras para el procesamiento de señales e imágenes. Al haber sido probadas en otras aplicaciones, estos elementos facilitan el desarrollo en curso. En la literatura técnica, los elementos disponibles para su integración son conocidos como O.E.M. (sigla de “Original Equipment Manufacturer”) dando a entender que con estos componentes prontos se proyectan equipos originales. En la Tabla 1.4 se propone una lista no exhaustiva de elementos disponibles para la integración en equipos biomédicos.

**Tabla 1.4 – Algunos elementos para integrar.** Partes OEM en proyectos de equipos biomédicos.

Fuente de poder
Plaqueta de ECG
Plaqueta de medida de presión arterial
Medidor de presión parcial de O <sub>2</sub> por infrarrojo
Cajas

La peculiaridad en cuanto a equipos biomédicos, con respecto a las aplicaciones industriales o de telecomunicaciones, es que los elementos a adoptar cumplan criterios de calidad, de seguridad eléctrica y de operación, además de la resistencia a sistemas de esterilización cuando sea pertinente. En el próximo capítulo se presentarán los criterios de seguridad de proyecto y de programas.

---

## 1.4 PROYECTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS EN EL FUTURO

---

Haciendo un ejercicio de anticipación y previsión tecnológica, nos planteamos cómo puede cambiar la tarea de proyecto en los próximos años. En el futuro inmediato pensamos que la tendencia a sustituir elementos de circuitería por trozos de programa ejecutados desde memorias digitales continuará. Por otro lado la generalización de las conexiones entre equipos y con repositorios de información distribuidos será tal que la capacidad diagnóstica dará un salto cualitativo respecto a la fragmentación de resultados clínicos que persiste actualmente. El proyecto de equipos incorporará también nuevas interfases entre el equipo y el paciente en la forma de elementos transductores de dimensiones moleculares (nanotecnología). Esta transducción será bidireccional, incluyendo la captura de señales y la acción del equipo biomédico sobre el tejido vivo.

Existen opciones de procesamiento básico como un servicio que se contrata al igual que la corriente eléctrica o las comunicaciones de voz (1). Podrá imaginarse un conjunto de sensores y transductores conectados a un nodo que a su vez recurra a un servicio en red para el procesamiento de señales antes de desplegar tendencias de parámetros fisiológicos y sugerencias diagnósticas.

En los próximos años quien proyecte equipos biomédicos tendrá a su alcance una variedad de módulos de programa para incluir en sus productos, de manera similar a la oferta de elementos de circuitería para relevar magnitudes como la temperatura, los biopotenciales o las presiones. Por lo tanto el proyecto de equipos biomédicos tendrá a su alcance una variedad de módulos de programas (2) que podrá incluir como un nuevo elemento de integración. El proyecto por integración de partes verá nuevamente reducido el desarrollo de programas o de sistemas de tiempo real, todos al alcance de un navegador en la red de redes, para concentrar la originalidad de cada prototipo en su concepción, su capacidad de comunicarse con otros equipos de medida o de terapia y en sus procesamientos sofisticados para cumplir los objetivos médicos.

## 1.5 ANEXO: 20 AÑOS DE PROYECTOS DEL NÚCLEO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Desde su creación el **Núcleo de Ingeniería Biomédica (NIB)** ha desarrollado proyectos y ha construido prototipos de equipos médicos para satisfacer la demanda de instrumentos de diagnóstico, terapia o aseguramiento de calidad. La Tabla 1.5 presenta la lista de proyectos en orden del año en que inicia su aplicación en entorno clínico o de pruebas. En todos estos proyectos, la motivación de desarrollo surgió de la necesidad de un grupo clínico que no encontraba solución en la oferta comercial. El estudio del problema, la propuesta y el desarrollo del proyecto fueron encarados como trabajo de fin de carrera por grupos de tres estudiantes guiados por docentes médicos e ingenieros. Como es habitual en Ingeniería Biomédica, el desarrollo de equipos está muy asociado a las tareas de investigación médicas.

**Tabla 1.5 – Equipos biomédicos desarrollados 1985 - 2006.**

Año	Nombre	Descripción	Seguimiento y estado en 2006
1987	MECVENT	Mecánica ventilatoria	3 ejemplares en uso
1989	TACONATAL	Amplificador de latidos neonatales	Pendiente de revisión
1990	MONSE	Monitor pacientes graves	Incorporado a la asistencia hasta 2001
1989	ADSE	Interfaz de adquisición de señales	Incorporado a la investigación
1990	VESTI90	Estímulo y análisis respuesta ocular	Incorporado a la asistencia
1992	AUTOVENT	Control de ventilador de pacientes	Pendiente de revisión
1993	NUCLIMAGEN	Presentación imágenes en multiplataforma	Incorporado a la asistencia hasta 1998
1994	FARCAR	Control perfusión y análisis de señales	Incorporado a la investigación
1995	MONRES 94	Monitor respiratorio sensible al tacto	Pendiente de revisión
1996	IMPEMAT	Medida de impedancia eléctrica	Pendiente de revisión
1997	CALORNAT	Control de temp. de incubadoras abiertas	Pendiente de revisión
1997	VARFRE	Monitor de variabilidad del pulso fetal	Pendiente de revisión
1999	ESPECAR	Espectro de potencia del ritmo cardíaco	Pendiente de revisión
2000	SICTI	Historias Clínicas de Medicina Intensiva	Incorporado a la asistencia
2001	CLASICAR	Clasificador de complejos QRS	Disponible para su uso
2001	MONICLI	Monitor no invasivo	Incorporado a la asistencia

Año	Nombre	Descripción	Seguimiento y estado en 2006
2002	IMPETOM-I	Reconstrucción tomográfica	Pronto para integrar IMPETOM
2002	ADQCAR	Adquisición de señales en tarjeta flash	Disponible para prototipos
2002	IMPETOM-C	Circuito para tomografía de impedancia	Pronto para integrar IMPETOM
2002	CARDIDENT	Identifica y clasifica complejos QRS	Disponible para integrar sistemas
2002	PESOPAC *	Monitor de peso sin retirar de la cama	Incorporado a la asistencia
2003	PREMAX*	Medida ambulatoria de presión respiratoria	Incorporado a la asistencia
2004	IMPETOM	Tomógrafo de impedancia eléctrica	En pruebas con fantomas
2005	CALANEST	Sistema de registro de calidad de anestesia	Incorporado a la asistencia
2005	BiliLED **	Fototerapia neonatal	Transferido a la industria 2006
2006	IMPETOM-48	Medida de impedancia eléctrica en 3 cortes	En desarrollo
2006	ABDOPRE	Reducción de presión abdominal	En desarrollo

\* Transferencia a la industria en negociación.

\*\* Desarrollo del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería y re-elaborado en conjunto IFFI-NIB.

Para resumir los costos involucrados en estos desarrollos, se presenta en la Tabla 1.6 el tiempo de ejecución y costos de los proyectos más recientes (3). De la tabla se deduce que mediante un esfuerzo promedio de 21 meses-persona y con la compra media de U\$S 4000 de elementos, se obtienen prototipos de valor aproximado U\$S 74000. La viabilidad comercial de estos prototipos estaría respaldada por la amortización del costo de desarrollo a distribuir en un número razonable de ejemplares. Es importante resaltar que todos los prototipos poseen por lo menos alguna característica de novedad o de exclusividad con respecto a la oferta existente en el momento de encarar su desarrollo y que están adaptados a las necesidades locales, lo que permite esperar su posible difusión en el MERCOSUR en caso de contar con una política de fomento de la producción.

**Tabla 1.6 – Costos de desarrollo de equipos biomédicos (prototipos).**

Nombre		Valor miles U\$S	Compras miles U\$S	Meses- persona
ESPECAR	Espectro de potencia del ritmo cardíaco	62	2.2	19
SICTI	Historias Clínicas de Medicina Intensiva	66	6.0	19
CLASICAR	Clasificador de complejos QRS	78	1.8	25
MONICLI	Monitor no invasivo de señales	81	14.9	25
IMPETOM-I	Reconstrucción tomográfica	89	0.7	25
ADQCAR	Adquisición de señales en tarjeta flash	113	0.5	33
IMPETOM-C	Circuito para tomografía de impedancia	80	8.3	25
CARDIDENT	Identifica y clasifica complejos QRS	63	4.2	18
PESOPAC	Monitor de peso sin retirar de la cama	38	0.9	11
PREMAX	Medida de la presión respiratoria máxima	66	0.8	14
IMPETOM	Tomógrafo por impedancia eléctrica	74	3.2	19
<b>Media</b>		<b>74</b>	<b>4</b>	<b>21</b>

---

## 1.6 BIBLIOGRAFÍA

---

- 1 Dailey Parkson, L. “Companies look for unit of Computing Consumption”, IEEE Spectrum Octubre 2003, p 19.
- 2 Turner M, Bidgen D y Brereton P. “Turning Software into a service” IEEE Spectrum, October 2003, páginas 38-44.
- 3 Simini F, Piriz H, Scarone C “Proyectos de Ingeniería Biomédica: tecnologías desarrolladas en la Universidad disponibles para el país” Revista Ingeniería de la Asociación de Ingenieros del Uruguay, Montevideo, Número 49, mayo 2004, paginas 16 a 21.
- 4 ISO normas: <http://www.iso.org>. La norma 60601 se encuentra en este sitio de la ISO.