

# BIOELECTRONICA

CRISTIAN JUNIOR CAMPOVERDE ALVARADO  
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA (SEDE CUENCA)  
ccampoverde@est.ups.edu.ec

**Abstract**—Con el pasar del tiempo la electronica se a convertido en el pilar fundamental del avance de la tecnologia llegando a crear aparatos o dispositivos capaces de facilitar el trabajo de las personas y ayudar en el desempeño de las mismas, estos avances tecnologicos an dado lugar a la Bioelectronica que es la combinacion de la medicina y la electronica que da lugar a la creacion de instrumentos que ayuden a mejorar la salud de las personas, estos instrumentos deber ser capaces de detectar, diagnosticar y tratar las enfermedades fisiologicas que al serhumano aqueja.

**Index Terms**—Bioelectronica, fisiologia, señales

## I. INTRODUCCION

En el desarrollo de este documento haremos un estudio del arte en materia de Bioelectronica mostrando los ultimos avances y haciendo enfasis en la instrumentacion electronica medica, que abarca muchos campos de la medicina actual, daremos a conocer lo mas actual en desarrollo tecnologico para la deteccion de enfermedades entre las cuales podemos citar las maquinas de rayos X, monitores cardiacos, desfibriladores, resonancia magnetica, tomografos, etc., todos estos creados en base a la electronica y los requerimientos medicos. Estos instrumentos medicos se basan en el desarrollo de circuitos integrados cada ves mas avanzados estos acompañados con sistemas de comunicacion basados en señales bioelectricas que son parecidas a las señales omitidas por membranas celulares en el interior del cuerpo humano, estos circuitos integrados o microcontroladores pueden ser programados segun las necesidades que se quiera tener en un instrumento medico, la comunicacion entre instrumentos bioelectricos y pasientes se basa principalmente en señales bioelectricas que daremos a conocer concretamente en el transcurso de este documento. En si la Bioelectronica se a combertido en una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos instrumentos de procedimiento medico que requieran alta presicion, que sean seguros, y eficases al momento de intervenir en un paciente.

## II. SEÑALES BIOELECTRICAS

Las señales bioelectricas producidas por membranas celulares en el interior de l cuerpo son parecidas a las señales que producen un microchip que es el componente principal en la fabricasion de instrumentos para ayudar en la deteccion de enfermedades. Dichas señales Bioelectricas producidas por las membranas celulares podrian llevar informacion y estas pueden ser transmitidas a un equipo que procese estas señales y entregar un informe completo sobre la actividad celular y advertir de posibles problemas. Estas señales pueden ser transmitidas mediante electrodos colocados en diferentes partes del cuerpo para proporcionar informacion sobre la actividad celular en nuestro cuerpo.

## III. CAMPOS QUE ABARCA LA BIOELECTRONICA

La Bioelectronica esta relacionada con otras ciencias principalmente de la biologia de ahi su nombre, que principalmente trata de desarrollar instrumentos que ayuden e la deteccion de enfermedades y asi mejorar la calida de vida de las persona, pero tenmos otras ciencias que nos ayudan en este desarrollo como la Electronica, Robotica, Nanotecnologia y la Mecanica que en conjunto forman una gran relacion para el desarrollo eh investigacion de dichos instrumentos, a continuacion presentamos un breve resumen de cada una de estas rama de la Bioelectronica:

### 3.1 Electronica

Es la rama en donde se desarrollan, microchips o circuitos integrados inteligentes capaces de recibir, procesar y enviar datos. Estos microchips se ah convertido en la pieza fundamental de los instrumentos medicos para que estos funcionen correctament segun las necesidades.

### 3.2 Robotica

Se encarga del desarrollo de robots metalicos de alta precision que podrian interactuar con un paciente, tambien se encarga del desarrollo de protesis que se adapten al cuerpo.

### 3.3 Nanotecnologia

Es la creacion de materiales y medicamentos de muy reducido tamaño (nanoescala), que pueden ser introducidos en el cuerpo humano y actuar como un agente detector de enfermedades y al mismo tiempo eliminarlos.

### 3.4 Mecanica

Se ancarga de la parte fisica o amazon de los intrumentos medicos que bayan acorde segun las necesidades.

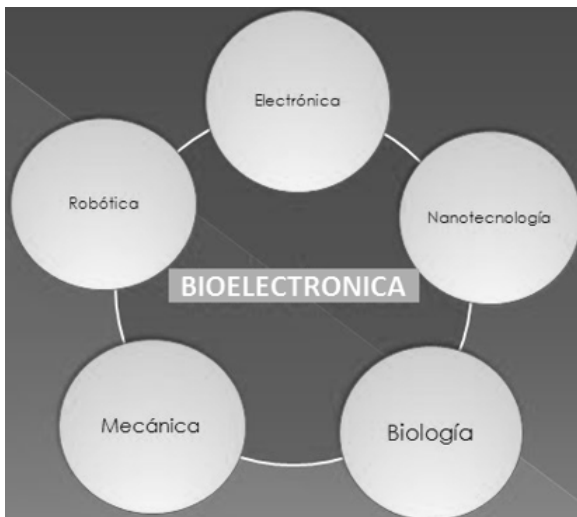


Figure 1. Relacion de la Bioelectronica con otras Ciencias

#### IV. APLICACIONES DE LA BIOELECTRONICA

##### 4.1 Chips Bajo la Piel

La implantación de microchips bajo la piel se ha convertido en una de las aplicaciones futuristas de la Bioelectrónica, pero en la actualidad ya se usa esto como una forma de identificación.

A una persona se le implanta el chip en el interior de su cuerpo, estos llevan la información básica de la persona además de un historial médico, al pasar la persona por un scanner este detecta el chip en el interior y da un informe completo del estado de la persona. Estos microchips pueden ser implantados en personas que sufran de alguna enfermedad relacionada con su memoria.

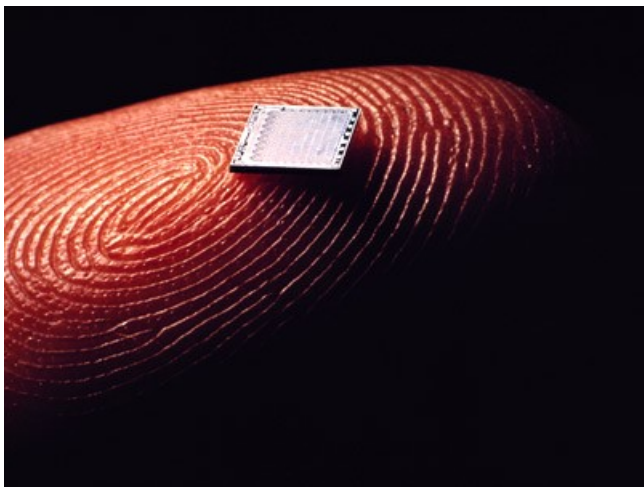


Figure 2. Microchip

Estos microchips también tienen la capacidad de ser detectados vía satélite por algún dispositivo móvil, computador o radar e inmediatamente saber el lugar exacto en donde se encuentra esa persona que lleva implantado el chip. En el futuro esta tecnología puede ser utilizada en las cárceles de todo el mundo como forma de identificación y principalmente

de que al momento que se produzca una fuga de internos estos puedan ser recapturados fácilmente sabiendo su posición vía satélite, una idea muy novedosa para aplicar esta tecnología.

##### 4.2 Implantes

Los implantes hacen referencia a dispositivos creados por el hombre con la finalidad de suplantar a algún órgano dañado en el interior del cuerpo humano, estos dispositivos tendrían la capacidad de realizar las mismas funciones que un órgano realice o mejorar su rendimiento ya sea utilizando estructuras biológicas creadas por el hombre y que se asimilan a las estructuras biológicas propias del cuerpo humano, estas estructuras podrían ser controladas por microchips y estos a su vez controladas por impulsos eléctricos producidas por músculos del cuerpo. Dichas estructuras biológicas artificiales también tendrían la capacidad de ser controladas mediante instrumentación médica creada en base a la electrónica.

**4.2.1 Implantes de Corazón, Marcapasos:** El marcapasos es un instrumento o aparato electrónico creado por el hombre que hace latir el corazón o más concretamente que genera impulsos eléctricos que excitan rítmicamente al corazón artificialmente, estos marcapasos se utilizan cuando los impulsos rítmicos propios del corazón ya no tienen la capacidad de mantener el ritmo cardíaco natural haciendo que la sangre ya no llegue al resto del cuerpo.

**4.2.1.1 Funcionamiento:** El primer marcapasos creado era asincrónico, esto quiere decir que la estimulación eléctrica se realizaba a frecuencias constantes, lo que trajo algunos problemas como desgaste constante de las baterías, el flujo de la sangre al cuerpo no dependía del ejercicio y podría causar fibrilación o algún paro cardíaco inesperado. Pero con el pasar del tiempo estos marcapasos ya tenían la capacidad de detectar las excitaciones rítmicas naturales del corazón haciendo que el sistema de excitación rítmica artificial entre en funcionamiento cuando sea necesario, dichos marcapasos tienen el nombre de sincrónicos.



Figure 3. Estructura Física de un Marcapasos

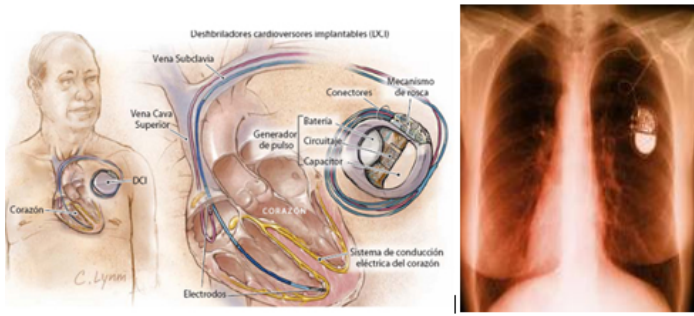


Figure 4. Marcapasos Implantado en el Interior del Cuerpo Humano

Las posibles configuraciones para los marcapasos se pueden clasificar según en que compartimientos del corazón puedan sensar y estimular, los llamados unicameral que trabajan en la aurícula o en la ventrícula, y las llamadas bicamerales como su nombre lo indica trabajan en ambos compartimientos.

En los marcapasos se utilizan combinaciones de letras para indicar el lugar de funcionamiento, como les describiremos a continuación, se utiliza la letra A para decir que estimula en la aurícula, se utiliza la letra V para decir que estimula en el ventrículo, y se utiliza una letra D para decir que estimula en ambas compartimientos, así como también utiliza otra letra para indicar ahora el lugar en donde se sensa, por ejemplo tenemos el marcapasos VA:; esta configuración de dos letras nos indica que este sensa en la aurícula y estimula en la ventrícula, y estos tipos de marcapasos se utilizan por lo general cuando en el corazón de una persona no existe comunicación entre la ventrícula y la aurícula.

La frecuencia de estimulación es un punto muy importante en el desarrollo de marcapasos, esto nos indica principalmente que se busca una conexión adecuada entre el marcapasos natural del cuerpo humano y el marcapasos artificial, para que estos funcionen de acuerdo a las necesidades de estimulación para posteriormente implantarlo en el marcapasos artificial y esta funcione de acuerdo a los impulsos requeridos. Una de las maneras de conseguir esto, es medir la impedancia entre el encapsulado del marcapasos y los electrodos conectados al corazón, otro de los métodos para realizar esto es colocar un acelerómetro dentro del marcapasos y en base a esto medir la actividad corporal necesaria para el corazón.

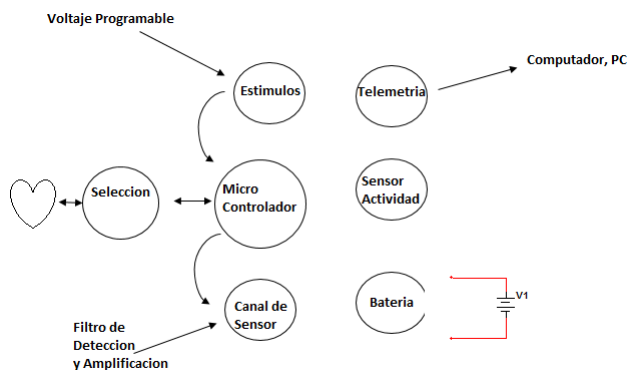


Figure 5. Marcapasos Representado Mediante un Diagrama de Bloques

Para realizar las mediciones de las impedancias que se

mencionaron en la sección anterior, tenemos la posibilidad de usar 3 electrodos con la cual se puede realizar las mediciones correspondientes, uno de los electrodos es el propio encapsulado y los otros dos electrodos pueden ser leads unipolares, las señales que se manejan para realizar las mediciones de amplitud y frecuencia, estas amplitudes son del orden del 5% del umbral de estimulación cardíaca. Para que el marcapasos realice su trabajo correctamente y el corazón pueda satisfacer la demanda de sangre, esto se lo puede controlar detectando la actividad en la aurícula y respetando los retardos naturales del corazón al aplicarse diversas estimulaciones al ventrículo, para detectar la actividad en la aurícula podemos realizarlo de dos maneras, una de estas maneras es colocar un lead en la aurícula y posteriormente detectar su actividad, y otra de las maneras de detectar la actividad en la aurícula es colocar un lead en el ventrículo con una característica especial que le hace diferente al de la aurícula, este lead mencionado tendría la capacidad de detectar actividad en la aurícula.

Cuando el ritmo cardíaco del cuerpo aumenta también lo hace el metabolismo, y el aumento de esta frecuencia cardíaca transporta más oxígeno al cuerpo y la sangre se vuelve más ácida, este sistema está compuesto por un electrodo en el marcapasos, y un segundo electrodo que es sensible al PH en la aurícula, estos dos electrodos actúan cuando dentro del corazón específicamente en la aurícula, se detecta una variación del PH en la sangre con lo cual el sistema actúa inmediatamente acomodando la frecuencia cardíaca y haciendo que el corazón entregue la sangre necesaria al cuerpo.

**4.2.1.2 Sistemas de Control:** El sistema de control en el marcapasos es el encargado de procesar las señales que son adquiridas y posteriormente tomar una decisión, estos sistemas de control pueden dividirse de dos maneras, sistemas de control Open Loop, y sistemas de control Close loop.

El primer sistema de control se utiliza cuando el lugar que es censado no interviene con las tareas que puede cumplir un marcapasos, estos sistemas tienen una característica principal que son fáciles de implementar. El otro sistema de control Close Loop es utilizado en áreas que son afectadas o que tienen poco ritmo cardíaco, con la finalidad de implantar realimentación negativa.

Una de las partes más importantes de estos sistemas son los acelerómetros que ya fueron descritos anteriormente y que no afectan en lo absoluto al parámetro médico, un ejemplo de esto es medir la temperatura de la sangre pero esto es independiente de la actividad cardíaca. Los sistemas close loop tienen que ver con las señales o sistemas respiratorios, estas señales trabajan en conjunto con otras señales para evitar complicaciones, otras señales que pueden ser implementadas como sistemas close loop, son las que tienen que ver con el sistema rítmico cardíaco, dichos sistemas ya existen en la actualidad que describen el funcionamiento del marcapasos.

En el desarrollo de los marcapasos tiene que ver mucho la electrónica analógica como punto de partida, ya que esta es la parte principal en la creación de dispositivos que ayuden a

mejorar la salud de las personas. Con el rapido avance de la tecnologia se a llegado a crear dispositivos que funcionen en completa armonia con el sistema biologico del ser humano. Los dispositivos usados en estos circuitos son basicamente amplificadores operacionales que con diversas configuraciones pueden convertirse en filtros que pueden trabajar a diferentes frecuencias, con bajo consumo de corriente, estos dispositivos tienen la capacidad de entregar señales requeridas a partir de una señal aplicada a su ingreso lo que le hace una herramienta muy indispensable en la creacion de los marcapasos.

En la fig.6 podemos ver un ejemplo claro de un circuito que se utiliza en estos dispositivos, se puede apreciar claramente que se utiliza dispositivos electronicos como generadores de señales requeridas.

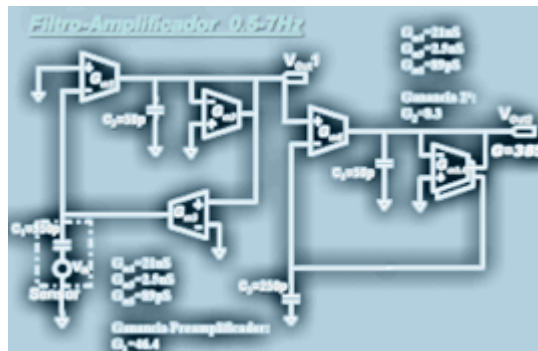


Figure 6. Filtro Pasabanda

## V. CONCLUSIONES

La Bioelectronica se a convertido en uno de los temas con mayor proyeccion futurista porque implica el desarrollo de instrumentos que faciliten el procedimiento medico y que ayuda a la deteccion de enfermedades y posteriormente a la cura de estos. En este documento dimos a conocer dos aplicaciones muy importantes de la bioelectronica en tema de identificacion y salud, y que pueden ser a futuro muy utiles para la vida cotidiana. Se a dado una explicacion basica de cada aplicacion, por tratarse de temas muy complejos pero que a la larga puede implementarse con mucha mayor investigacion, una de las partes mas importantes de este documento es el desarrollo de los marcapasos ya que es un instrumento muy novedoso y que ayuda a las personas con los problemas cardiacos, uno de las primeras causas de muerte en el mundo pero que a fin se logra solucionar con la implementacion de estos instrumentos.

## REFERENCES

- [1] Automatizacion de un Electronistogmografo de un canal empleando comunicacionespor luz infra-roja, Jaime Leybon Ibarra, Miguel Angel Callado Corona, Centro de Investigacion y Estudios Avanzados (CINVESTAVI, INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL).
- [2] Bioelectronica y Nuevas Tecnicas en Medicina Deportiva, Gabriel Garcia Arguelles, Ana. M Garcia Diaz, Guillermo Manguelz Alvares.
- [3] Bioelectronica: Señales Bioelectricas, Jose Ma. Ferrero Corral, Jose Maria Ferrero y de Lama- Osorio, Antonio Arnau Vives.
- [4] Mecanismos de Control y Adaptacion para Marcapasos y Corazones Artificiales. Pablo Senatore, XIII Seminario de Ingenieria Biomedica 2004.
- [5] F. Silveira, D. Flandre, LOW POWER ANALOG CMOS FOR CARDIAC PACEMAKERS- De sing and Optimization in Bulk and SOI. Technologies. Kluwer Academic Publishers, 2004. ISBN: 1-4020-7719-X.

- [6] IEEE Press, Design of Cardiac Pacemakers. Jhon G. Webster 1993. ISBN: 0-7803-1134-5.
- [7] Jurgen Werner, M. Hexamer, M. Meine, B. Lemke Restoration of Cardiac-Circulatory Regulation by Rate-Adaptative Pacemaker Systems: The Bioengeneering View of a Clinical Problem. IEEE Transaction ON BIOMEDICAL ENGINEERING, September1999, volumen 40 number 9.
- [8] Deteccion de Marcapasos en equipos portatiles de Registro. Roberto Montero Herrera, Daniel Jimenez Gonzales, Instituto Central de Investigacion Dijital.
- [9] Los Marcapasos Cardiacos implantables con fuente de Energia nuclear, Fernando J. Alvarez-Cervera, Francisco J. Heredia-Lopez, Jose L. Gongora Alfaro.
- [10] BRADICARDIA SINTOMÁTICA Y USO DE MARCAPASOS EN EL SERVICIO DE URGENCIAS(Revista Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia,2007), 101 gadgets that changed the world (BORBÓN 2007).Crean primer ojo biónico (Rebato, 2010), Historia del implante coclear (Schwartzman, 2011)
- [11] Evolución de los marcapasos y de la estimulación eléctrica del corazón, Evolution of cardiac pacing and of electrical heart stimulation, Efrén Gutiérrez Fuster\*, Del Hospital Central Militar de México
- [12] Utilidad de los electrogramas almacenados de marcapasos definitivos para la evaluación de arritmias y decisión de conductas terapéuticas, Graciela M. M. Pellegrino†, Daniel F. OrtegaMTSAC, Luis D. BarjaMTSAC, Gastón AlbinaMTSAC, Rubén LaiñoMTSAC, Alberto GinigerMTSAC.
- [13] Apuntes sobre la historia del marcapaso cadiaco artificial.D Salas Segura - 2001 - pensamiento-actual.ucr.ac.cr
- [14] Estimulación multisitio en pacientes con disfunción ventricular severa y trastornos de conducción,R Zayas Molina, A Peix González... - Revista Cubana de ..., 2003 - scielo.sld.cu
- [15] Frequency of Trypanosoma cruzi infection in patients with implanted pacemaker, G Mora, MC Echeverry, GE Rey, MC López, LF Posada... - Biomedica, 2007 - scielo.org.co