

# LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA PIEZA CLAVE EN EL DIAGNÓSTICO DE LA FIBROMIALGIA

Ignacio Angulo Martínez, José Luis Gutiérrez Temiño y José M<sup>a</sup> Angulo Usategui.  
*Facultad de Ingeniería ESIDE de la Universidad de Deusto*

## INTRODUCCIÓN

Los autores de este artículo forman parte de un equipo de investigación especializado en el diseño de herramientas microinformáticas avanzadas para el diagnóstico y seguimiento de las enfermedades músculo-esqueléticas. Los sistemas que desarrollan se componen de una plataforma física, que engloba los instrumentos basados en Microelectrónica programable encargados de la medición de los parámetros que envuelven al dolor, y una plataforma lógica, que comprende complejos programas que procesan datos y aplican algoritmos para la determinación del estado de la enfermedad, su evolución y sus posibles tratamientos. Habitualmente la plataforma lógica se ubica en un potente computador personal.

Para establecer la comunicación entre la plataforma física y la lógica es indispensable que sea de tipo inalámbrico, dadas las especiales características que envuelve la recogida de datos sobre diversos puntos del cuerpo del paciente.

Se describe un proyecto que aplica la tecnología de comunicación «wireless» mediante módulos industriales bluetooth y que se ha diseñado para diagnosticar la «fibromialgia», una enfermedad rodeada por el dolor.

## FIBROMIALGIA: LA ENFERMEDAD DEL DOLOR

Aunque se desconocen las causas que provocan la fibromialgia, es una enfer-

medad caracterizada por un dolor crónico y difuso que suele ir acompañado por malestar generalizado, depresión, cefaleas, alteraciones del sueño, acúfenos y falta de concentración entre otras alteraciones típicas. El dolor afecta a músculos, tendones y ligamentos, por lo que en 1992 la *Organización Mundial de la Salud (OMS)* la reconoció como una enfermedad de tipo reumático.

Aplicando los criterios clasificatorios del *American College of Rheumatology (ACR)* a la población española se deduce que la fibromialgia afecta al 4,2% del sexo femenino y al 0,2% del masculino, elevando a unas 800.000 personas las que la padecen en España, de las cuales entre un 80 y un 90% corresponden a mujeres cuya edad oscila entre los treinta y los cincuenta años.

La palabra fibromialgia se introdujo en 1981 en sustitución de «fibrositis» y no fue hasta 1988 cuando fue tomada en consideración y Hamilton Hall le dedicó un capítulo completo en «*Rheumatology*», uno de los libros más prestigiosos dedicado a la reumatología.

La corta historia de la enfermedad, unido al desconocimiento de su etiología y de su tratamiento adecuado, provocan que no esté completamente aceptada en estos momentos, existiendo algunos profesionales de la medicina que la consideran una dolencia psicósomática, que debe tratarse desde la Psicología. Sin embargo, cada vez existen más estudios y descubrimientos que respaldan que se trata de una enfermedad real.

El grave quebranto en la calidad de vida de los pacientes de esta enfermedad,

el elevado consumo de medicamentos, el importante nivel de absentismo y el grado de discapacidad que puede acarrear, impulsó a la Comisión de Sanidad y Consumo del Congreso de los Diputados a aprobar, en su sesión del 19 de septiembre de 2000, una Proposición no de ley relativa a la asistencia médica y social de las personas que tienen fibromialgia.

## EL DIAGNÓSTICO

Tomando como pauta los criterios elaborados por el ACR y tras un extraordinario estudio, en la declaración de Copenhague de 1993 fueron definidas las especificaciones que determinan el diagnóstico de la fibromialgia. De forma resumida se acepta que un paciente tiene la enfermedad cuando en él se produce la existencia simultánea de los dos siguientes hechos:

1º. **Dolor crónico generalizado durante un periodo superior a tres meses.** El dolor al que se hace referencia afecta a todas las partes del cuerpo y al esqueleto axial. Esto significa que si se divide el cuerpo humano en cuatro cuadrantes, el dolor se aprecia al menos en tres de ellos. Excepcionalmente puede afectar sólo a dos cuadrantes si son opuestos a los dos ejes divisorios.

2º. **Dolor moderado o intenso en un mínimo de 11 «puntos gatillo» (*tender points*) de los nueve pares seleccionados y homologados en el cuerpo humano, cuando sobre ellos se les aplica una presión de unos cuatro kilogramos.** En la figura 1 se muestra la ubicación en el cuerpo humano de los nueve pares de

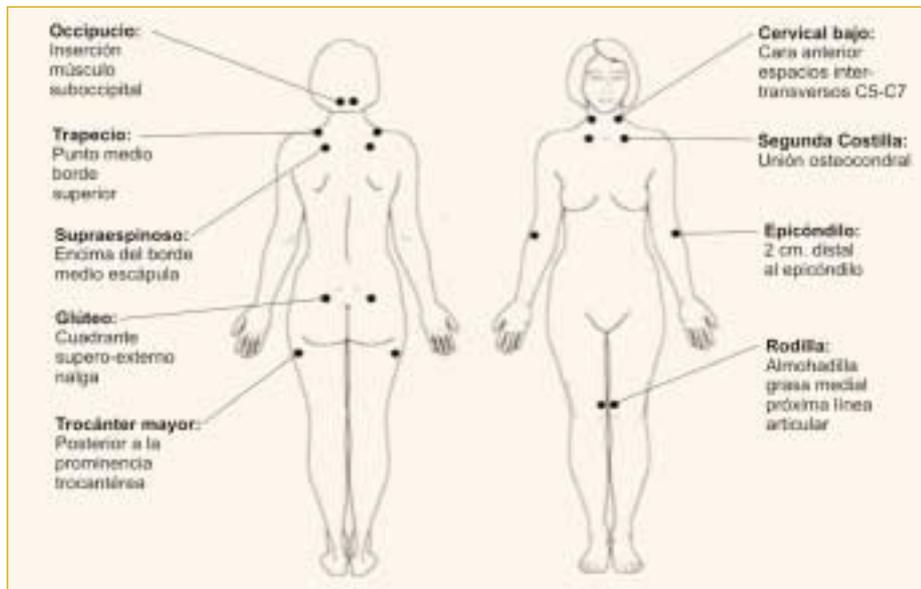


Figura 1. Ubicación de los nueve pares de puntos gatillo usados en el diagnóstico de la fibromialgia.

puntos gatillos caracterizados por ser extremadamente sensibles.

Los puntos gatillo no deben tener signos inflamatorios y la presión sobre ellos debe ser progresiva durante unos segundos hasta alcanzar unos 4 kilogramos, en cuyo nivel debe mostrar el paciente una clara sensación dolorosa para poder considerar «positivo» dicho punto.

Según el prestigioso especialista el Profesor Dr. Ricardo Franco Vicario el diagnóstico de la fibromialgia es exclusivamente clínico y puede plantear problemas diferenciales con otras enfermedades como la polimialgia reumática, el hipotiroidismo, la polimiositis, el lupus eritematoso sistémico inicial y la artritis reumatoide. Sin embargo, en la fibromialgia, al revés que ocurre en las mencionadas enfermedades, las pruebas de laboratorio (hemograma, velocidad de sedimentación globular, glucemia, creatinina, etc.) y las exploraciones radiológicas (radiografía de raquis y de zonas dolorosas) son absolutamente normales.

## LA DIFÍCIL TAREA DE MEDIR EL DOLOR

Durante mucho tiempo los especialistas han explorado los puntos gatillo aplicando con los dedos pulgar o índice un creciente nivel de presión durante varios segundos. Experimentalmente se conoce que cuando cambia la coloración subungueal del dedo explorador es cuando se alcanzan los 4 kg de presión, es decir,

cuando el color que se aprecia a través de la uña pasa a blanco. A la subjetividad de la sensación dolorosa del paciente se une la de la medida de la fuerza aplicada (figura 2).

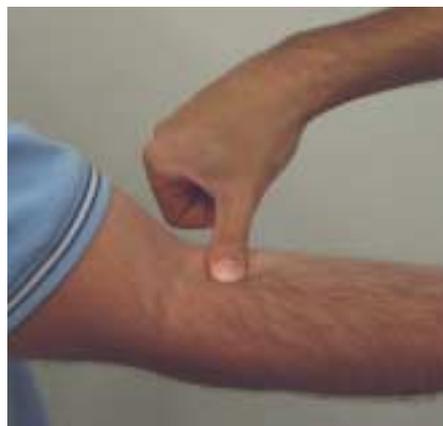


Figura 2.- Cuando a través de la uña del dedo explorador aparece una coloración blanca se supone que se está presionando con una fuerza de unos 4 Kg.

Con la finalidad de precisar el valor de la presión aplicada en los puntos gatillo se han desarrollado diversos instrumentos de tecnología microelectrónica, que no sólo son capaces de medir con exactitud la presión que se ejerce sobre su punta sino también de registrar y procesar toda la información para facilitar el diagnóstico y el seguimiento de patologías dolorosas.

## EL DOLORÍMETRO SMD

Los autores de este trabajo pertenecen al equipo de investigación que sobre la línea de Electromedicina existe en la

Universidad de Deusto y han diseñado un sistema de ayuda al diagnóstico de la fibromialgia, basado en un dolorímetro denominado SMD, con la colaboración de la empresa Ingeniería de Microsistemas Programados S.L. El mencionado sistema consta de dos recursos principales:

- 1º. Dolorímetro autónomo con transmisión inalámbrica de datos.
- 2º. Sistema Gestor, soportado en un PC, que se encarga de la gestión de los datos, el tratamiento de la información, la aplicación de algoritmos y la generación de diagnósticos. En la figura 3 se presenta el organigrama por bloques del sistema.

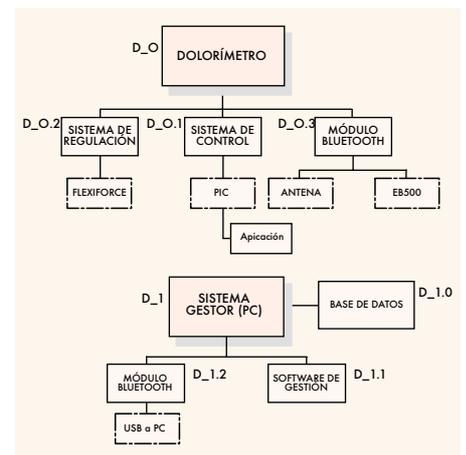


Figura 3.- Organigrama del sistema de ayuda al diagnóstico de la fibromialgia basado en un dolorímetro y el Sistema Gestor.

El dolorímetro es el instrumento que maneja el médico para presionar sobre los puntos gatillo. En todo momento se visualiza en una pantalla LCD la presión que se está ejerciendo. Cuando se aprieta el gatillo del aparato se captura la presión instantánea, que se registra junto al nombre del punto explorado (figura 4).



Figura 4.- Aplicación del dolorímetro SMD en un punto gatillo.



Figura 5.- Visualización de la presión instantánea que se está aplicando.

Como puede apreciarse en la figura 5, existen dos pulsadores en la parte inferior de la pantalla LCD, con los cuales se puede recorrer el menú de opciones de que dispone el dolorímetro. Son cinco funciones las posibles:

- 1ª. Capturar presión: recoge y almacena la presión existente al apretar el gatillo.
- 2ª. Escanear TP's: para ir realizando automáticamente, uno a uno, la exploración de los 18 puntos gatillo.
- 3ª. Reescanear TP: se elige el punto concreto que se quiere explorar.
- 4ª. Mostrar TP's: visualiza en pantalla los valores de los puntos registrados (TP).
- 5ª. Sincronizar TP: establece la conexión del dolorímetro con otro dispositivo que disponga de módulo Bluetooth compatible para la transmisión inalámbrica de información.

Se ha seleccionado al sensor FlexiForce® de Tekscan para la medición de la presión en el dolorímetro SMD. Actúa como una resistencia variable cuyo valor depende de la presión ejercida sobre el círculo sensitivo. Cuanta más fuerza se aplique menor resistencia aparece entre los terminales del sensor (figura 6).



Figura 6.- Fotografía del sensor de presión FlexiForce®.

La microelectrónica programable encargada del control del dolorímetro está

basada en un microcontrolador PIC16F876 que recibe como señales de entrada la analógica del sensor de fuerza y las digitales de los pulsadores y el gatillo. Los dispositivos de salida que gobierna el microcontrolador son la pantalla LCD, el LED de encendido y el módulo Bluetooth, que no se representa en el esquema de la figura 7.

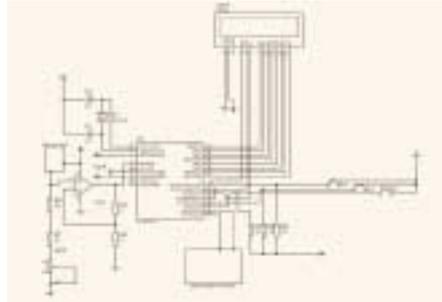


Figura 7. Esquema electrónico del circuito de control del dolorímetro basado en el PIC16F876.

## EL MÓDULO BLUETOOTH

El sistema permite una comunicación punto a punto entre el dolorímetro y el programa de gestión cargado en un PC a través de un par de módulos que implementan el protocolo Bluetooth. El dolorímetro contiene el módulo MSE-eb500 y el PC el módulo Energy Systems USB.

El módulo MSE-eb500 está basado en el popular eb100 de la empresa «A7 Engineering» que permite añadir conectividad Bluetooth a cualquier aplicación basada en microcontrolador y aplicar tecnología wireless avanzada (figura 8).

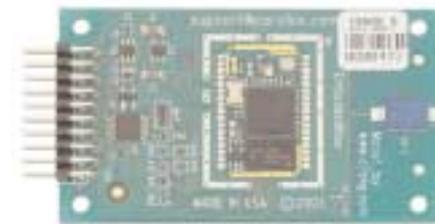


Figura 8.- Fotografía del módulo eb500 incluido en la pistola del dolorímetro para transmisión de datos vía Bluetooth.

## SISTEMA GESTOR

Este sistema lógico consta de una serie de programas instalados en un PC compatible con procesador Intel Pentium IV a 2 GHz con un mínimo de 128 MB de RAM, tarjeta gráfica AGP 8 MB, sis-

tema operativo MS Windows 2000/XP Pro. Se requiere la instalación del paquete Java j2sk 1.4.0 y que la tarjeta principal integre puertos RS-232-C y USB 1.1 o superiores.

En la figura 9 se muestra la fotografía del adaptador de Bluetooth que utiliza el PC.



Figura 9.- Fotografía del adaptador Bluetooth usado en el PC para la comunicación inalámbrica con el dolorímetro.

La Base de Datos utilizada por el sistema está implementada en Access mediante el lenguaje de consulta SQL. Está dividida en tres tablas que contienen los datos del paciente y todas las medidas realizadas en diferentes circunstancias. A partir de la Base de Datos se generan las estadísticas que facilitan al especialista el diagnóstico del paciente.

El software gestor recoge los datos transmitidos de forma inalámbrica desde la pistola para su registro y procesamiento. En el diseño del software se utiliza una herramienta de programación orientada a objetos para procurar una gran robustez en la conexión sin hilos.

El software permite manejar todos los aspectos y datos que necesita el especialista:

- A) Datos del paciente
  - Dar de alta paciente
  - Modificar datos de un paciente
  - Tomar mediciones
- B) Elección de actividad
  - Hacer ejercicios físicos
  - Programa educativo
  - Técnicas de relajación
  - Tomar medicamento A
  - Tomar medicamento B
- C) Comparativa entre distintas actividades
- D) Estadísticas y diagnósticos

En la figura 10 se muestra el diagrama de flujo correspondiente al apartado «Tomar medidas a un paciente», que ha podido recibir un tratamiento específico

y se desea conocer sus efectos y comparar los resultados con otras situaciones.

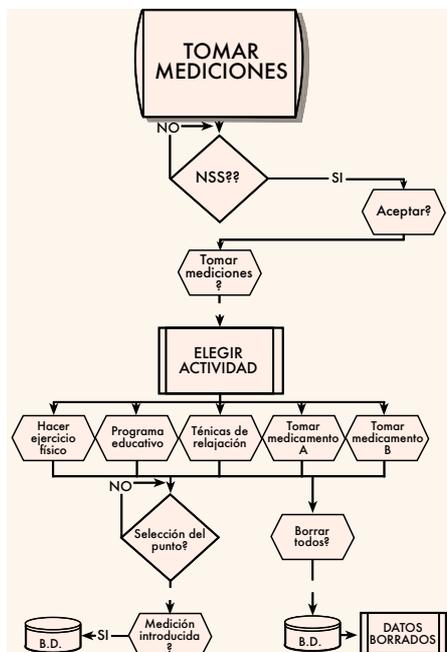


Figura 10.- Diagrama de flujo correspondiente a la función “Tomar datos a un paciente”.

La opción «Estadísticas y Diagnóstico» proporciona una tabla similar a la de la figura 11 en la que se detallan los valores de los puntos gatillo después de diversos tratamientos, así como el nivel de presión que cuantifica el dolor y la gravedad de la enfermedad.

Paciente: **Andrea Fernandez Agirregabiria**

Actividad	Hacer ejercicio físico	Programa educativo	Técnicas de relajación	Medicamento A	Medicamento B
Puntos Rojos	3	0	4	0	0
Puntos Naranjas	4	0	4	0	0
Puntos Amarillos	3	0	4	0	0
Puntos Verdes	5	0	4	0	0
Puntos Azules	3	0	2	0	0
Media por actividad	2.94444444	0.0	3.22222223	0.0	0.0
			Media Total	3.0	

Niveles de Fibromialgia:  
**MUY ALTO:** Media de todas las actividades entre 4 y 5  
**ALTO:** Media de todas las actividades entre 3 y 4  
**BAJO:** Media de todas las actividades entre 2 y 3  
**MUY BAJO:** Media de todas las actividades entre 1 y 2

**Volver**

Figura 11.- Tabla correspondiente a los resultados de la opción “Estadísticas y Diagnósticos”

Finalmente, en la figura 12 se presenta una pantalla de trabajo en el PC donde se recogen las mediciones de los puntos gatillo que se visualizan con diferentes colores de acuerdo con el rango de presión que ha generado el dolor en cada punto. En la parte izquierda de la figura se visualizan los valores en color de los puntos gatillo después de haber realizado una tabla de ejercicios físicos, y en la

parte derecha después de haber realizado ejercicios de relajación.

alcanzar el diagnóstico y el seguimiento de esta enfermedad. Sin embargo, su principal ventaja reside en su gran flexibilidad para poder adaptar los programas de gestión a las peculiaridades de cada paciente y a los requerimientos y criterios de los especialistas médicos.

Esperamos en un futuro cercano poder optimizar todo el sistema descrito para intentar ayudar a mejorar la calidad

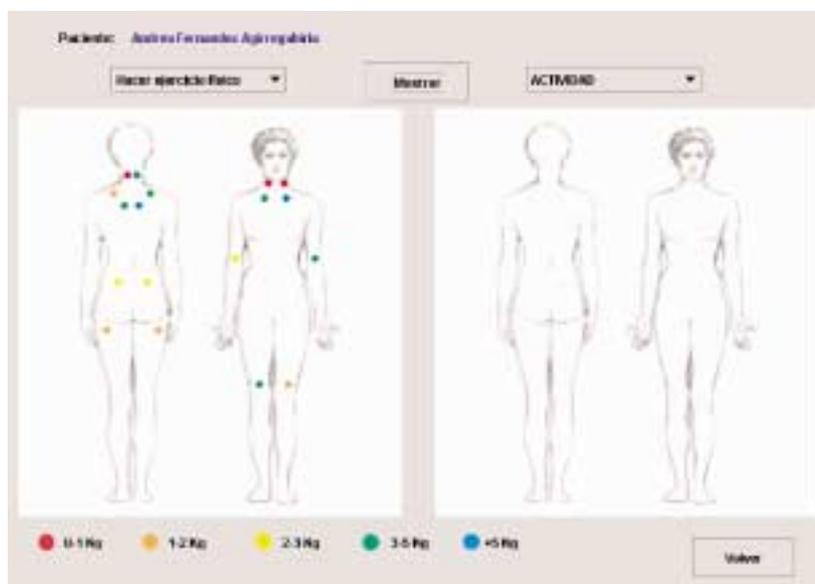


Figura 12.- Las ventanas en el PC que desarrolla el Sistema Gestor visualizan en colores los valores de las mediciones de los puntos gatillo.

## CONCLUSIONES

El sistema de ayuda al diagnóstico de la fibromialgia dispone de los recursos necesarios para facilitar y asegurar el manejo de la información fundamental para

de vida de los pacientes y proporcionarles métodos e instrumentos homologados para el diagnóstico y la determinación de la incapacidad asociada, así como para poner en manos de los especialistas que tratan esta enfermedad una herramienta sencilla, flexible y segura que mejore y facilite su trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

*Concepto actual de la fibromialgia*, Profesor Dr. Ricardo Franco Vicario, Convención anual organizada por AVAFAS, Universidad de Deusto, 2004.

*Fibromialgia*, Ministerio de Sanidad y Consumo. Consejo Interterritorial. Sistema Nacional de Salud, 2003.

*Fibromialgia. Cómo combatir la fatiga crónica*, Luis Quevedo Herrero, Ediciones Obelisco, 2004.

*Rheumatology*, Hall, Hamilton, MTP Press Limited, 1983.

*Consensus Document on Fibromyalgia: The Copenhagen Declaration*. Journal of Musculoskeletal Pain. Vol 1, New York: The Haworth Press, Inc., 1993.

*Criteria for the classification of fibromyalgia*, The American College of Rheumatology. Wolf F. Arthritis Rheum 1990; 33:160-72.

*Microcontroladores PIC. La clave del diseño*, Angulo J. M.ª, Martín E. y Angulo I., Editorial Thomson, 2004.

*Microcontroladores PIC: Diseño Práctico de aplicaciones*, Angulo J. M.ª, Romero S. y Angulo I., 2 volúmenes, Editorial Mc Graw-Hill, 2003.

*Asociación Vasca de la Fibromialgia*, www.euskalnet.net/avafas

Ingeniería de Microsistemas Programados S.L., www.microcontroladores.com

Parallax, www.parallax.com