



# DISEÑO ERGONOMICO DE UN SISTEMA DE ELECTROMIOGRAFIA PORTÁTIL

**Autores:**

**Diseñador Industrial: Jaime Rivera**

(ja-river@uniandes.edu.co)

**Diseñador Industrial: Hugo Macias**

(h-macias@uniandes.edu.co)

**Ingeniero Electronico: Cesar Acero**

(cesar\_acero@yahoo.com)

**Coautor:**

**Antonio Garcia** (angarcia@uniandes.edu.co)



**27 de Junio de 2002**

## Resumen

La integración entre Ingeniería y Diseño, la creación de nuevas posibilidades, al desarrollar un trabajo interdisciplinario en el cual, el resultado deja de ser maquina u objeto para convertirse en un producto hacia el usuario.

Al combinar la funcionalidad (electrónica), con el desempeño ergonómico del usuario, dentro del análisis de movimiento y percepción, crea un producto eficiente en su desempeño a nivel practico y perceptual, generado a partir de las funciones biomecánicas del hombre y de una semántica que posibilite su utilización de manera coherente.

Una respuesta, un objeto, un producto, creado a partir de las necesidades del medio, creado a partir de la tecnología y los factores humanos.

---

## Summary

The integration between Engineering and Design, the creation of new possibilities, when developing an interdisciplinary work in the one which, the result stops to be it schemes or object to become a product toward the user.

When combining the functionality (electronic), with the user's ergonomic acting, inside the movement analysis and perception, believe an efficient product in their acting at level practice and perceptual, generated starting from the man's physiologic functions and of a semantics that facilitates their use in a coherent way.

An answer, an object, a product, created starting from the necessities of the means, created starting from the technology and the human factors.

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

**Bogotá, Colombia**  
**DISEÑO ERGONOMICO DE UN SISTEMA DE  
ELECTROMIOGRAFIA PORTÁTIL**

**Autores: Diseñador Industrial: Jaime Rivera** (ja-river@uniandes.edu.co)  
**Diseñador Industrial: Hugo Macias** (h-macias@uniandes.edu.co)  
**Ingeniero Electronico: Cesar Acero** (cesar\_acero@yahoo.com)

**Coautor: Antonio Garcia** (angarcia@uniandes.edu.co)

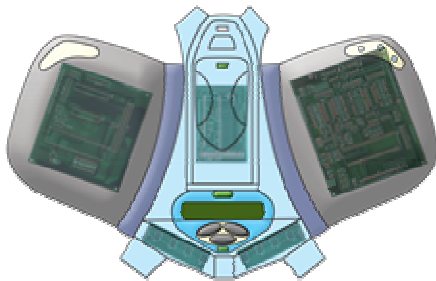
**27 de Junio de 2002**

## **1. Resumen**

La integración entre Ingeniería y Diseño, la creación de nuevas posibilidades, al desarrollar un trabajo interdisciplinario en el cual, el resultado deja de ser maquina u objeto para convertirse en un producto hacia el usuario.

Al combinar la funcionalidad (electrónica), con el desempeño ergonómico del usuario, dentro del análisis de movimiento y percepción, crea un producto eficiente en su desempeño a nivel practico y perceptual, generado a partir de las funciones biomecánicas del hombre y de una semántica que posibilite su utilización de manera coherente.

Una respuesta, un objeto, un producto, creado a partir de las necesidades del medio, creado a partir de la tecnología y los factores humanos.



## **2. Introducción**

Para el desarrollo de este proyecto fue importante la unión del conocimiento, en áreas interdisciplinarias, el pensamiento científico y la valoración estética, el

desarrollo lógico y la eficiencia ergonómica.

El proyecto fue desarrollado por la **Universidad de los Andes** en sus diferentes áreas como:

**Departamento de Ingeniería eléctrica y electrónica**

**Departamento de Diseño**

**Grupo de Investigación de Biomédica, Centro de Microelectrónica**

Al incorporar al ser humano como usuario antropocéntrico en un sistema de medición, la adaptabilidad de este a las características anatómicas del paciente conlleva la libertad de movimientos que se necesitan para una correcta medición.

El enfoque sistémico abrió el camino de investigación en dos partes, unas características subjetivas a la propia adaptabilidad del sistema dentro del Instituto Roosevelt y otras objetivas al mismo usuario sin descuidar la propias características económicas, sociales y su entorno personal.

El desarrollo del diseño con el tecnológico en el área de Ingeniería, posibilita la optimización del producto y lleva a la interrelación de la forma con la función, relación que en términos estéticos nos lleva a la belleza.

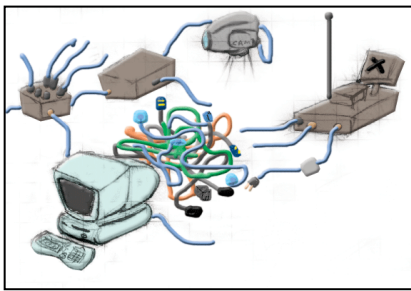
## **3. Contenido**

El objetivo del proyecto consiste en crear un equipo para el registro y

almacenamiento de datos electromiograficos, permitiendo la mayor libertad de movimientos para el paciente y generando una mayor eficiencia en la adquisición de datos dentro del examen.

**3.1. Análisis Sistémico:** Dentro del análisis metasistémico de las diferentes variables del proyecto, se analizaron la mayor cantidad de conceptos que intervenían directa e indirectamente. El desarrollo de la investigación se centro en tres características.

- 3.1.1. Contexto
- 3.1.2. Usuario
- 3.1.3. Objeto



**3.1.1. Contexto:** Nuestro entorno específico a trabajar se basa en el Laboratorio de Marcha del Instituto Roosevelt. En el instituto se realizan valoraciones sobre la marcha y análisis sobre medicina deportiva, incorporando análisis de movimientos en video digital, y análisis de fuerzas sobre la huella plantar.

Trabajando sobre un protocolo ya establecido, el sistema de Electromiografía portátil no solo debería adaptarse a la cronología y características dentro del protocolo de uso. Sino generar una mejor utilización del tiempo en el cumplimiento de las diferentes tareas, generando eficiencia y calidad en el registro de datos.

**3.1.2. Usuario:** Al analizar a los usuarios dentro de nuestro ejercicio de

diseño, tenemos que definir a cada uno de los participantes ya sea operadores a nivel de miembros del laboratorio como los pacientes que asisten a valoración.



**3.1.2.1. Operario:** Bajo esta definición involucramos el área de fisioterapia, que es la principal involucrada en la manipulación del paciente como de los objetos que se involucran en el examen, para el Electromiografía es necesario que el objeto en materia semántica contenga la información necesaria para un correcto desempeño praxológico, coherente y eficiente. Sin embargo no debemos descuidar el procesamiento de datos por parte del área de ingeniería y el propio análisis de la información que se lleva a cabo por parte de ortopedia.

**3.1.2.2. Paciente:** El sistema de Electromiografía portátil tiene su principal ventaja que independiza el PC y demás maquinas involucradas en el análisis, para involucrar un objeto independiente con el paciente en una relación directa. Podemos dividir a los pacientes en dos grupos, pacientes con problemas en el desarrollo de la marcha, y deportistas de alto rendimiento. El rango de edades es muy amplio destacándose la asistencia de niños entre (5-8) años.



Niños (5-8 años)	60-70%
Adolescentes	30%
Adultos	5%

**3.1.2.2.1. Anomalías en la Marcha:** El principal grupo de personas que asiste en el presenta al laboratorio de marcha lo representan pacientes con Parálisis Cerebral.

Las áreas problemas comunes en pacientes con PC son:

- Hiperextensión de Cabeza y Cuello: Se acortan los músculos cervicales.
- Disminución de la Extensión Torácico: Espalda redondeada y existe compensación mediante abd escapular y rotación interna y abd humeral.
- Distribución Anormal de la Movilidad de la Columna: la movilidad entre vertebra y vertebra
- La Articulación Pélvico Femoral: Esta diseñada para la movilidad, pero los pacientes la utilizan como punto fijo para ganar estabilidad y seguridad.

**3.1.2.2.2. Alto Rendimiento:** Al analizar los deportistas encontramos una gran diversidad de movimientos y características biomecánicas que en el grupo de pacientes no se observa, la gran gama de movimientos y cualidades morfológicas de los deportistas, insinúan una gran movilidad y versatilidad dentro de la respuesta de diseño al sistema de Electromiografía.

**3.1.3. Objeto:** Al analizar la familia objetual que hay detrás de los objetos pioneros a nivel tecnológico, encontramos que el escaso grado de intervención en materia diseño hace inexistente un patrón o características homogéneas que lleven a un análisis de estas características.

Es normal que el desarrollo tecnológico lleve toda la importancia y absorba la presentación final en materia morfológica, sin embargo al involucrar como concepto de diseño argumentos ergonómicos y al involucrar características comerciales para llegar a un producto, la labor del diseñador industrial se hace evidente y la interrelación profesional crea lazos que en otras circunstancias es difícil obtener.

**3.2. Determinantes de Diseño:** Analizando los diferentes elementos del análisis sistémico, el análisis biomecánico y las características de los usuarios entre otras, encontramos las determinantes de diseño del proyecto, las cuales dentro del estudio de las diferentes posibilidades, desembocan en las variables de diseño.

- Contacto físico: Área implicada en el contacto directo con el paciente.
- Movimiento: Libertad de movimientos para el desarrollo de las diferentes actividades.
- Electrodo: Correcta disposición y libertad en movimiento.
- Adaptabilidad: Capacidad de adaptación a los diferentes usuarios.
- Comunicación: Elementos proxémicos hacia una mayor eficiencia de los operarios.

**3.3 Variables de Diseño:**

- Contacto físico: Morfología de la zona Cervical y Dorsal.
- Movimientos: Dilatación y contracción de la cintura escapular.
- Electrodo: Vientre muscular.
- Adaptabilidad: Rangos antropométricos
- Comunicación: Connotativos (Tecnología y coherencia), Denotativos (protocolo de uso).

**3.4. Desarrollo:** Dentro del protocolo del propio análisis electromiográfico, al utilizar un sistema portátil, es necesario tomar los datos eléctricos desde los músculos, convertir la señal análoga en digital, y esta grabarla en una memoria, (todo accionado por control remoto el cual sincroniza los demás elementos del laboratorio de marcha), la información de la memoria se descarga en una interfase remota conectada al PC.

Así tenemos diferentes elementos interrelacionados, como electromiograma, memoria y terminal de descarga, cada uno con diferentes elementos que veremos a continuación:

<p><b>Electromiograma:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interruptor on – off</li> <li>Antena</li> <li>Pantalla</li> <li>Electrodos (8)</li> <li>Leds (4)</li> <li>Botón encendido</li> <li>Botones manejo (4)</li> <li>Tarjeta Maestro</li> <li>Tarjeta Esclavo</li> <li>Hembra memoria</li> <li>6 baterías AAA</li> <li>Blindaje</li> <li>Cableado</li> <li>Salidas:</li> <li>Base Tierra</li> <li>Control Manual</li> <li>Tiempo Real</li> </ul>	<p><b>Memoria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tarjeta</li> <li>Chip</li> <li>Led</li> <li>Conexión macho</li> </ul>
	<p><b>Terminal de Descarga</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Boton descarga</li> <li>Led</li> <li>Tarjeta</li> </ul>



La conceptualización y estudio del problema en materia de diseño deben desembocar en una respuesta

morfológica que sea coherente con sus determinantes.



La localización del sistema de Electromiografía se ubica en la zona cervical, donde el movimiento de la columna vertebral es limitado, mas el de la cintura escapular no, y no distrae visualmente al usuario.

Al tener estas características se tomo la decisión de volver el objeto articulable en dos puntos teniendo así tres partes, las cuales debieron dividirse desde el desarrollo electrónico en: maestro, esclavo y controles.



La ubicación de los controles y memoria se llevo en la parte central mientras que las tarjetas electrónicas reposan a los lados en una simetría bilateral.

Se generaron varias propuestas y varios modelos, basados en un estudio constructivista, es decir de los elementos internos, que desembocan en la morfología externa.

Las partes estáticas (controles y memoria) llevan una agarre (abrazan) a la zona estática de esa parte (torso del usuario), mientras que las partes articulables (maestro y esclavo) reproducen los movimientos de la cintura escapular.



Valoraciones ergonómicas de modelos funcionales

Desde una primera valoración volumétrica del paquete técnico, hasta modelos funcionales que permitieran una comprobación en pacientes reales, se llegaron a múltiples conclusiones y manejo de conceptos que desembocaron en la respuesta final de diseño, ingeniería y medicina

#### 4. Resultados

Correcciones, comprobaciones, recomendaciones, y conceptos aplicados generaron la propuesta final, en la cual la integración entre los diferentes elementos electrónicos y los análisis constructivistas de diseño se interrelacionan en una simbiosis, que como resultado genera la morfología final.

Para proteger los sistemas electrónicos, y generar una correcta disposición estructural, fue necesario fabricar subsistemas de contención en lamina de poliestireno calibre 120mm, termoformada al vacío, en moldes fabricados a partir de MDF, y maquinados en procesos de corte, ensamblado, desbastado, etc...



El orden y disposición de los diferentes controles se trataron con base a su protocolo de uso, en una lectura vertical de arriba abajo, encontramos encendido, memoria, programación y ubicación de los electrodos y demás salidas de datos, apoyada en una asimetría bilateral que permita diferenciar estos accidentes formales del entorno. Se generó un subsistema de contención que recibe a la memoria dentro del electromiograma, y permite dividir las tareas de memoria, y cambio de baterías que se encuentran debajo de este subsistema.

Entre los subsistemas de contención de las tarjetas (maestro y esclavo), y el cuerpo central, se buscó un material con alto grado de flexibilidad y máximo técnico considerable. El poliuretano expandido de alta densidad permitió la manipulación morfológica y densidad necesaria, para permitir la adaptabilidad del sistema al paciente.

Para la terminal de descarga se maneja como concepto de diseño, la interrelación entre el entorno, en el cual elementos articulables, permiten el uso de la terminal anclada a un PC, o permite su uso independiente en computadores portátiles o entornos diferentes a los tradicionales.

La memoria se trabajó bajo un concepto de fácil manipulación, con una pinza tridigital de pulpejo, por oposición de pulgar. Para su uso en el electromiograma o terminal de descarga.

Las estructuras internas que sostienen los diferentes controles y elementos electrónicos, fueron generadas a partir de poliestireno de calibre 100 y 50, soldado a las demás estructuras termoformadas.

El uso de color debe posibilitar una coherencia formal más fuerte. Como primera determinante de manejo cromático, el sistema no debería generar reflejos o luz excesiva que creara problemas con el video digital.



Dentro de la gama de tonos se escogieron colores opacos y dentro de su interrelación, se manipularon tonos fríos que dentro de su escaso contraste resaltara la memoria en un leve color cálido que permita a este elemento semantizar su importancia dentro del contexto.

Para facilitar el desarrollo del examen, se independizo el electromiograma del subsistema de contención que abraza al paciente en su zona toraxica, por medio de un sistema de penetración vertical.



Para una mínima sensación propioceptiva, en beneficio de la sensibilidad en el paciente, el área de contacto con el paciente es la mínima que permite su estabilidad estructural, en el desarrollo de la marcha, y de las actividades deportivas.

Coherencia, protocolo, percepción, manejo, proporción y forma, permiten la correcta interrelación de los elementos en un sistema de Electromiografía portátil, todo bajo la apreciación del ser

humano, analizado como base del desarrollo ergonómico en beneficio de la eficiencia en un entorno tan funcional como la ingeniería y la medicina.

## 5. Conclusiones

Como resultado de la interrelación con las diferentes áreas, de ingeniería y medicina, el trabajo de diseño industrial permitió abrir las fronteras de la funcionalidad, por medio del aporte tecnológico.



Trascender en este enfoque tecnológico analizando al usuario como individuo subjetivo, inmerso en características socioculturales, traspasa la funcionalidad objetiva para crear un lenguaje y familiarización con el usuario.

Ergonomía, eficiencia y desempeño; el análisis de las características biomecánicas, las relaciones preceptuales de la forma, y el propio entorno cultural, han permitido la creación; mas de una maquina, de un producto que interactúa con el conocimiento, permite la manipulación y adecuación de sus funciones al ser humano.

Traspasar la barrera de la creación, hacia criterios comerciales de producción industrial, permiten la presentación de un desarrollo tecnológico, apto para un mercado en el cual, ergonomía y factores humanos hacen la diferencia, como valor agregado en el mercado global.

