



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PORTÁTIL
DE MONITORIZACIÓN PROLONGADA PARA LA
CUANTIFICACIÓN DE LA CINEMÁTICA DE LAS
EXTREMIDADES SUPERIORES.**

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ARMANDO SALOMÓN HERNÁNDEZ DELGADO

TUTOR PRINCIPAL:

DR. ARTURO VEGA GONZÁLEZ, FACULTAD DE INGENIERÍA

Desarrollo de un sistema inalámbrico portátil de monitorización prolongada para la cuantificación de la cinemática de las extremidades superiores.

Contenido:

1. Objetivo.
2. Introducción.
3. Requerimientos / diseño del sistema.
4. Implementación.
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales.
6. Conclusiones.
7. Perspectiva.

Sustentante: Armando Salomón Hernández Delgado

1. Objetivo.

Desarrollar un sistema para monitorizar la cinemática de las extremidades superiores. Considerando las siguientes características:

- Portátil e inalámbrico.
- Provea información de la posición de la muñeca con respecto al hombro.
- Capacidad de monitorizar por periodos prolongados.
- Permitir libremente las actividades de los usuarios.
- Confortable
- Cumpla con los estándares de equipo médico.

1. Objetivo.

Objetivos específicos.

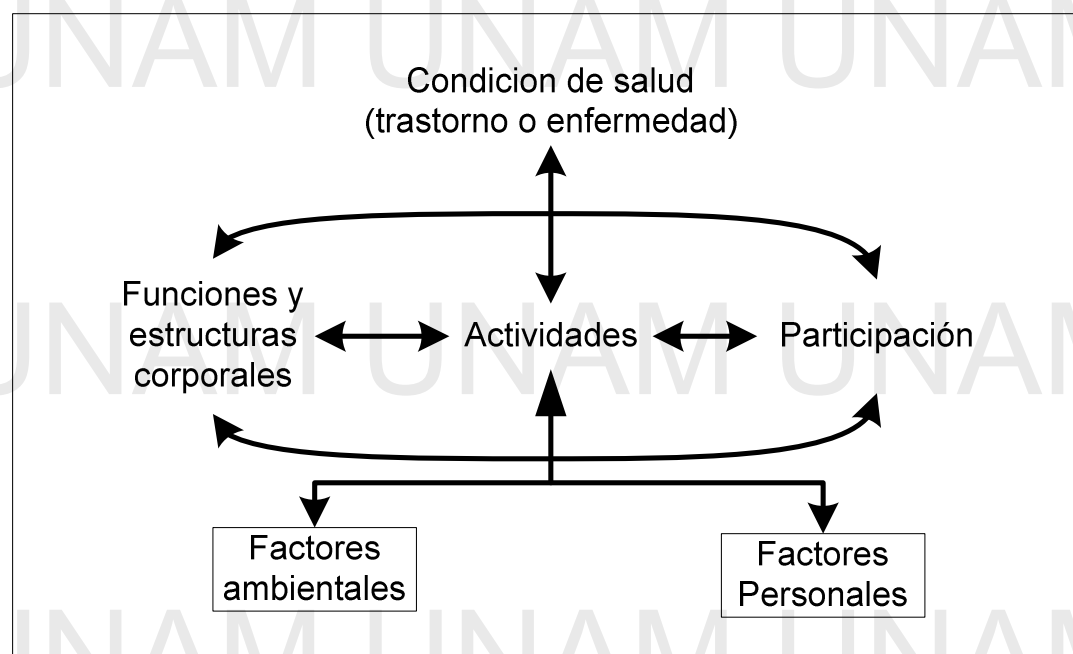
- i. Diseño e implementación de un sensor que mida movimiento y postura de las extremidades superiores.
- ii. Integración del sensor de actividad con un registrador electrónico portátil e inalámbrico para producir un sistema de monitorización ambulatorio.
- iii. Proponer métodos para la detección de movimiento / actividades funcionales.

Movimiento Humano.

- El movimiento es un aspecto fundamental en la vida diaria.
- Las deficiencias en el movimiento tienen efectos serios en la salud.
- Su estudio permite comprender la función normal y patológica.

Evaluación de la movilidad.

La Organización Mundial de la Salud, en su Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la discapacidad y de la salud (CIF), fomenta la valoración de la movilidad y se enfoca en las consecuencias funcionales de las enfermedades.



2. Introducción.

Contexto.

En el marco de la CIF, es importante:

- Caracterizar las posturas y actividades funcionales en situaciones de la vida real.
- Evaluar limitaciones de actividad y el nivel de participación.
- La evaluación del desempeño, es relativo a la condición anterior del paciente.
- Existen diferentes aspectos y características de la movilidad que deben ser evaluados

Cuantificación de actividad funcional.

- **Actividad funcional (de las extremidades superiores):**
Conjunto de movimientos asociados a actividades comunes que tienen el propósito de realizar una tarea específica.
- **¿Porqué medir la actividad de las extremidades superiores?**
Permite establecer un perfil base de limitaciones y participaciones del paciente.
Puede ayudar a describir la función patológica e impacto de algún tratamiento.
- **Objetivos de las terapias de rehabilitación:**
Mejorar la calidad de vida.
Reactivar el uso de la extremidad, maximizando su función.

2. Introducción.

¿Cómo medir?

Por tipo de instrumento

- Test o Pruebas de funcionalidad.
- Sistemas de medición *in situ*.
- Sistemas de medición portátiles.

Por tipo de enfoque

- **Subjetivos:**
 - Observación directa (Estándar de oro)
 - Auto evaluaciones/cuestionarios
 - Análisis basado en video
- **Objetivos:**
 - Análisis basado en video
 - Goniómetros
 - Acelerómetros
 - Giroscopios
 - Sensores de presión

➔ Procesamiento de señales y reconocimiento de patrones.

2. Introducción.

Actualmente no hay una solución satisfactoria para el problema de cómo evaluar el uso real de las extremidades superiores. (Se reporta solo uso o no uso).

Durante y después de la terapia, se desconocen los beneficios funcionales del paciente en una situación real.

En consecuencia, se desconoce la efectividad real y evaluación objetiva de las intervenciones.

2. Introducción.

Definición del problema:

Se busca desarrollar un sistema de monitorización portátil y técnicas de evaluación de funcionalidad de las extremidades superiores, que además permita el libre movimiento del sujeto.

Monitorización (Winter D. 2009):

- Notar, percibir o registrar cambios (en un evento de interés) a través del tiempo.
- La monitorización nos ayuda a determinar si existe mejora o no al aplicar una terapia.

3. Requerimientos/Diseño del sistema

Definición de requerimientos.

1. Inalámbrico, portable y que permita la libre realización de actividades de la vida diaria (ADL de sus siglas en inglés). (con posibilidad de utilizar más de un tipo de sensor).
2. Proveer información de movimiento y postura. El movimiento funcional, puede ser expresado en términos del movimiento de la muñeca respecto al hombro (desplazamiento vertical).



Medición basada en
sensor electro-hidráulico

3. Requerimientos/Diseño del sistema

3. Seguridad para uso con humanos.

4. Proponer algoritmos para el análisis de los datos

4.1. Parámetros relevantes para el médico.

4.2. Parámetros de funcionalidad.

5. Procesamiento que pueda ser ejecutado en un sistema de cómputo convencional.

6. Económico

3. Requerimientos/Diseño del sistema

Construceto del sistema de monitorización.

- **Usuario:**

Agente externo. Provee la información de interés.

- **Unidad de adquisición:**

Contiene el sensor y transmite datos inalámbricamente.

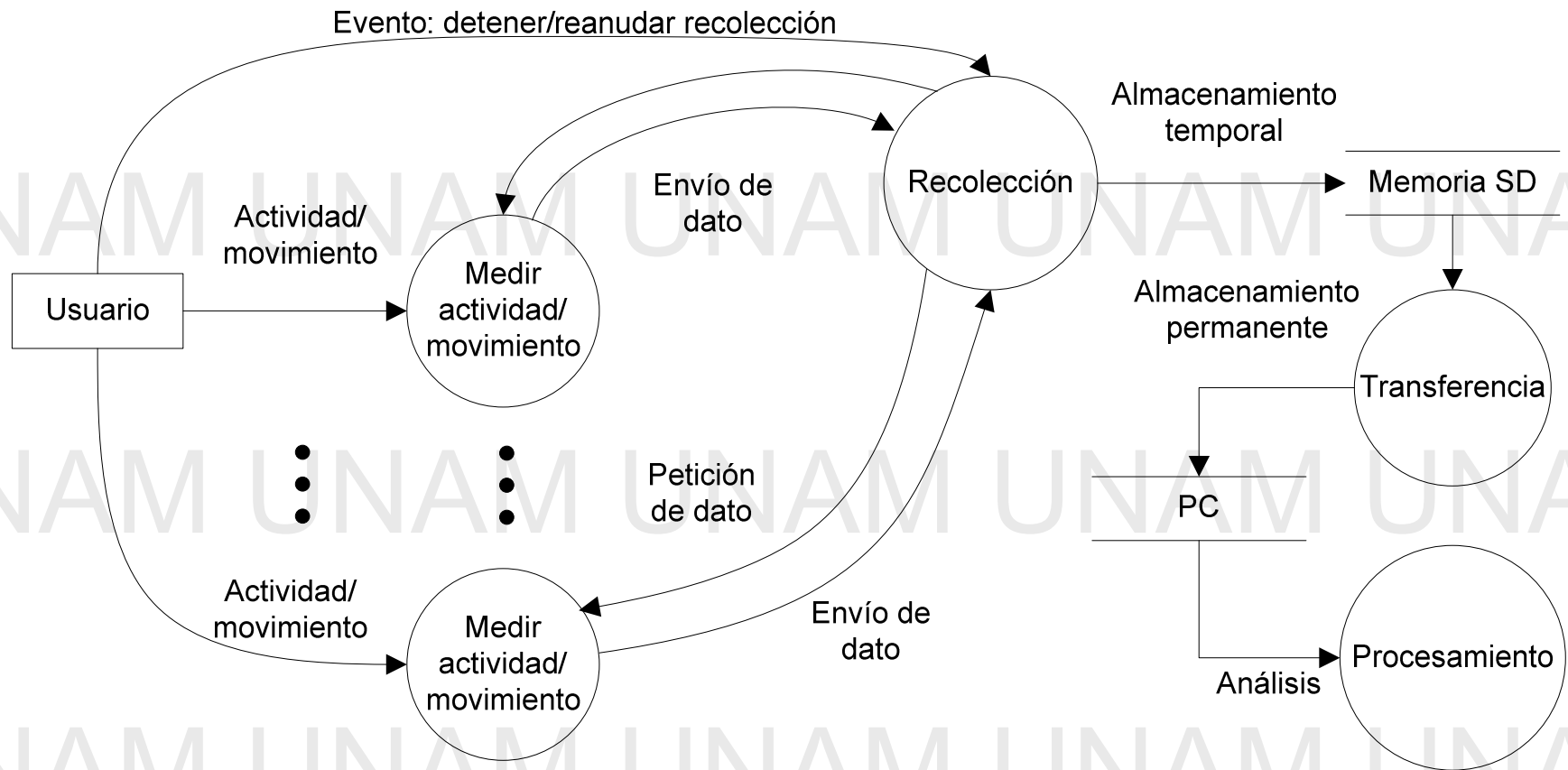
- **Unidad de recolección:**

Realiza petición y recepción de datos a las unidades de adquisición

Contiene botón de evento: Iniciar/detener recolección de datos.

3. Requerimientos/Diseño del sistema

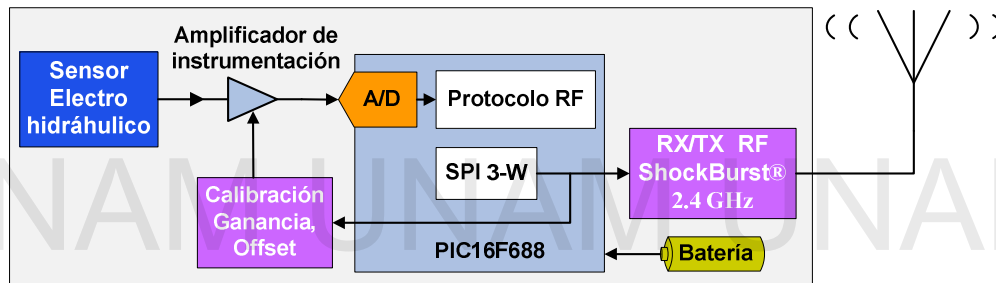
Diagrama de flujo de información.



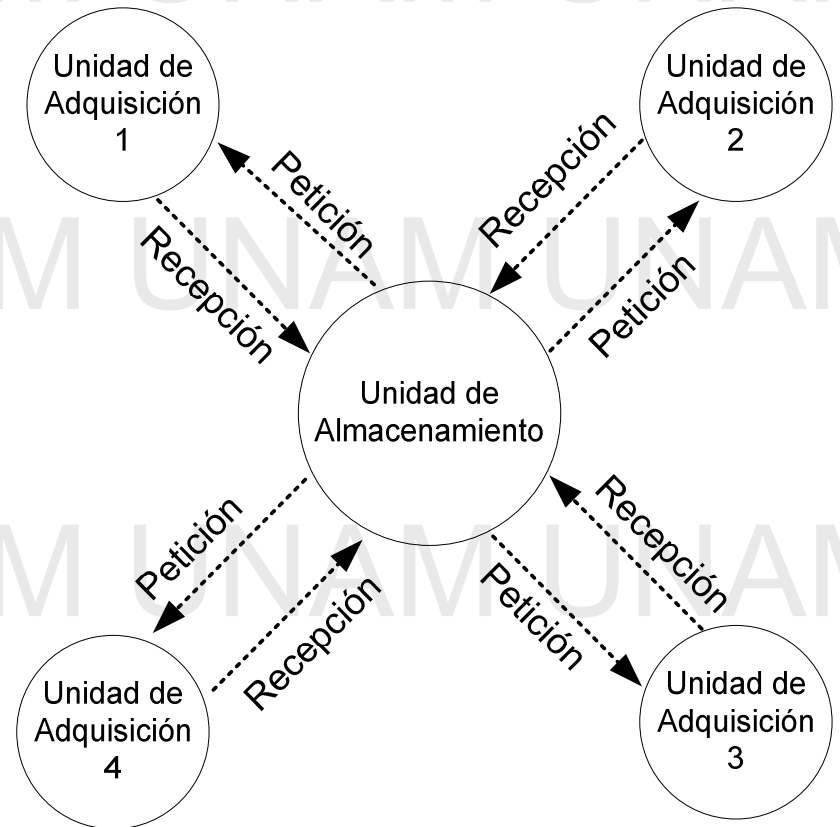
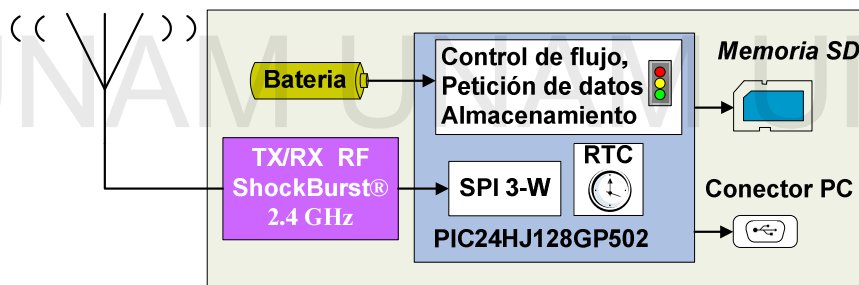
3. Requerimientos/Diseño del sistema

Arquitectura del sistema.

Unidad de adquisición



Unidad de almacenamiento



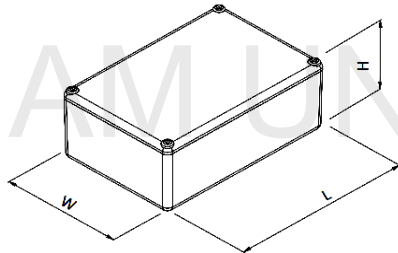
Capacidad de establecer redes de sensores



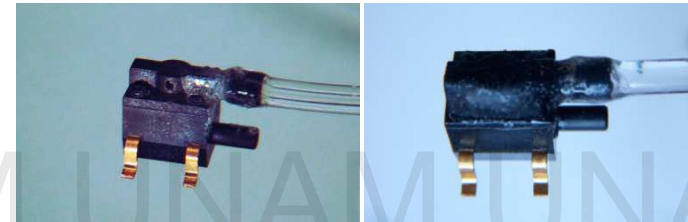
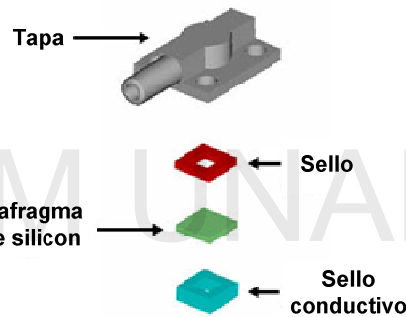
Dispositivos empleados.

Adaptación del Sensor de presión
26PC01SMT (Honeywell)

Restricción de espacio



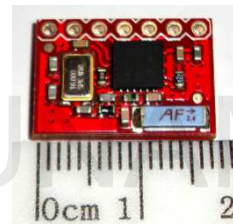
W=28mm, H=18mm, L=40mm



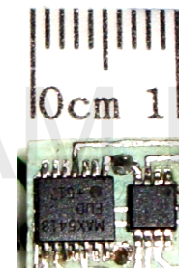
Batería de Litio
Recargable



Transceptor RF
nRF2401A



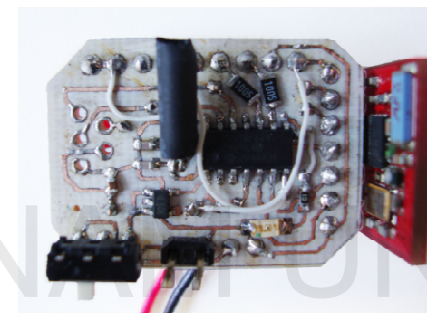
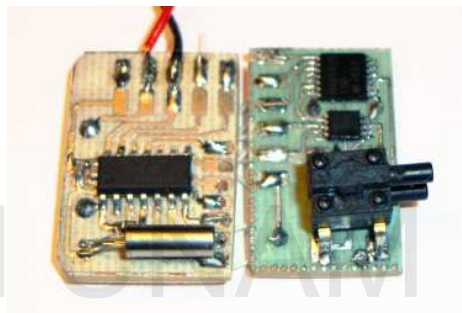
Amplificador de
Instrumentación INA333



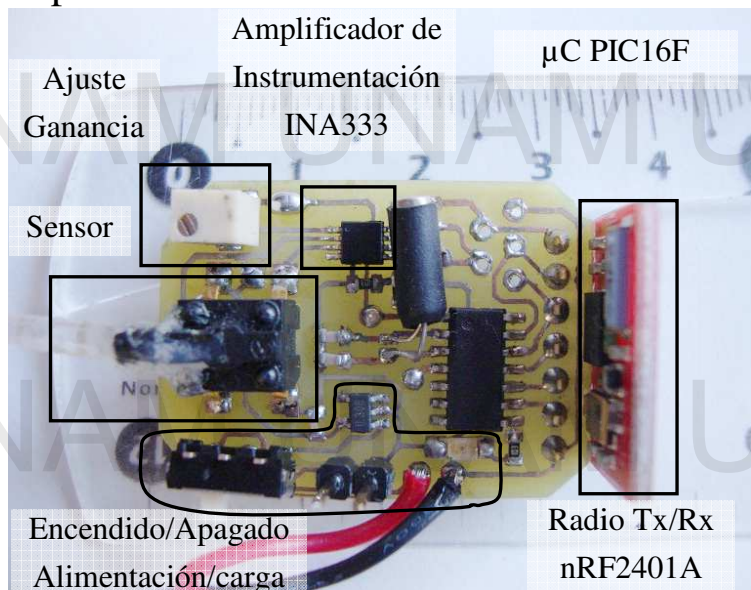
4. Implementación

Diversas implementaciones.

Prototipos del Sensor de movimiento (Módulo Adquisición)



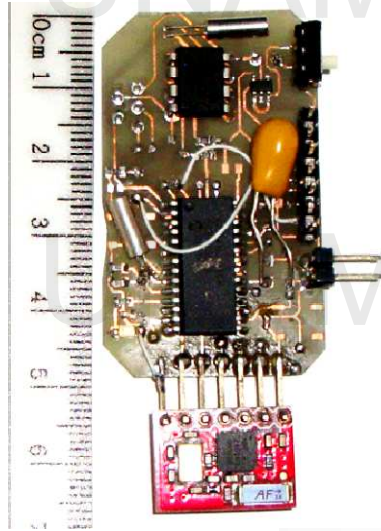
Implementación Final



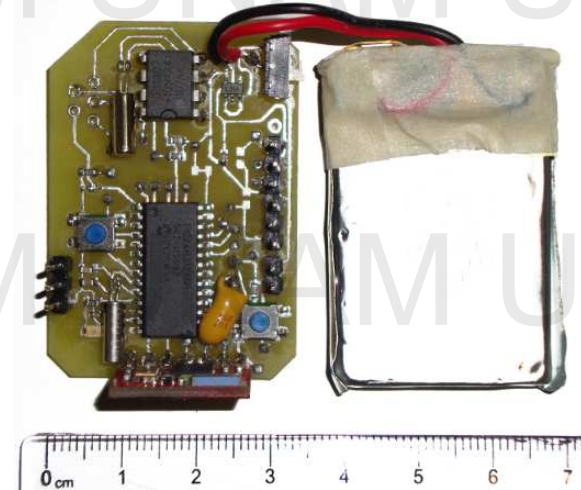
4. Implementación

Modulo Almacenamiento.

Prototipo



Implementación Final



4. Implementación

Sistema terminado.

Ejemplo de uso



Sistema completo



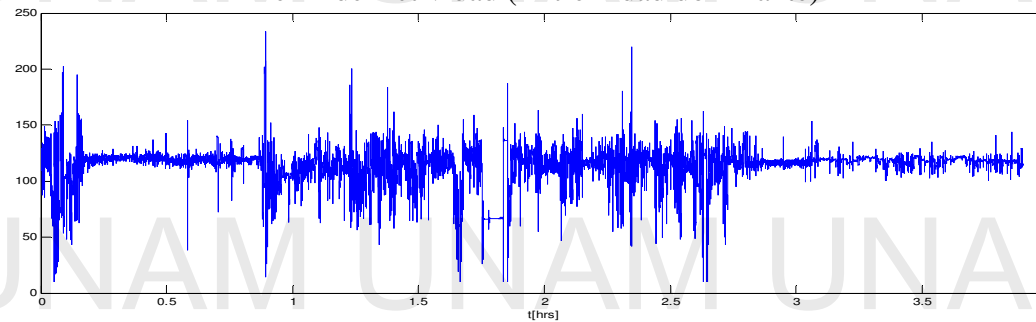
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales.

Ejemplo de datos obtenidos.

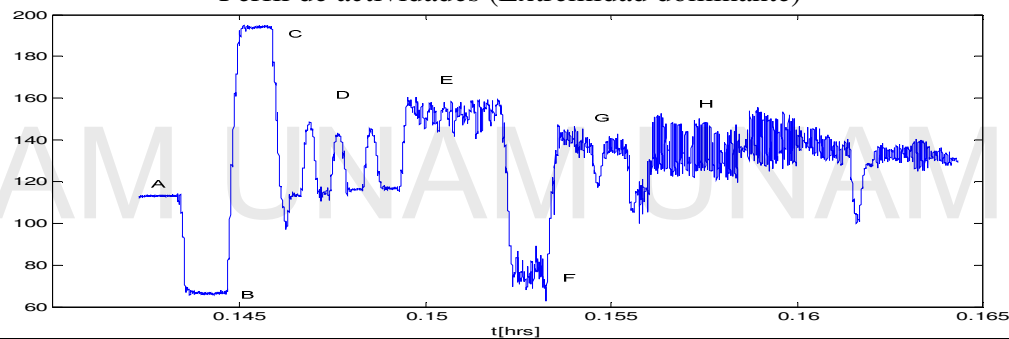
Colocación del sistema en el cuerpo



Perfil de Actividad (Extremidad dominante)



Perfil de actividades (Extremidad dominante)



- A. Manos sobre piernas (Sentado)
- B. Brazo colgando libremente.
- C. Brazo extendido sobre la cabeza.
- D. Tomar agua de un vaso.
- E. Peinarse.
- F. Caminar.
- G. Escribiendo en una PC
- H. Lavarse los dientes.

5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Obtención de datos experimentales.

Se contó con la participación de ocho voluntarios sanos para la recolección de datos.

Periodo de uso de 10:00 hrs a las 15:00 hrs.

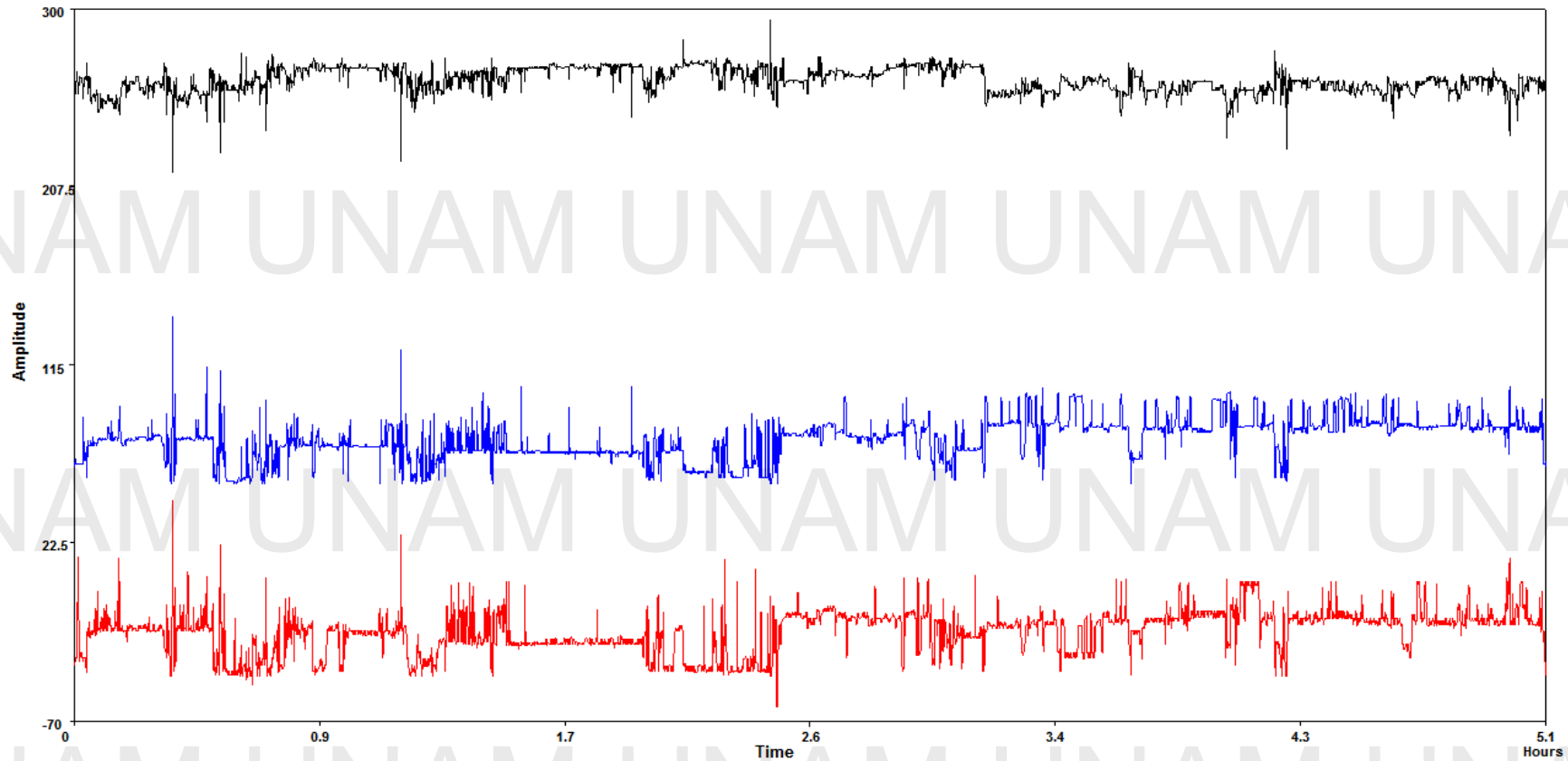
Se solicitó realizar sus actividades de forma usual.

Participante	género	Estatura [cm]	Brazo dominante	Ocupación
a1	F	145	D	Profesor
a2	F	150	D	Profesor
a3	F	159	D	Asist. Admon.
a4	M	172	D	Profesor
a5	M	171	D	Estudiante
a6	M	173	D	Estudiante
a7	M	170	D	Estudiante
a8	M	165	D	Estudiante

5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Señal obtenida con sensores en brazos y torso.

Perfil de actividad



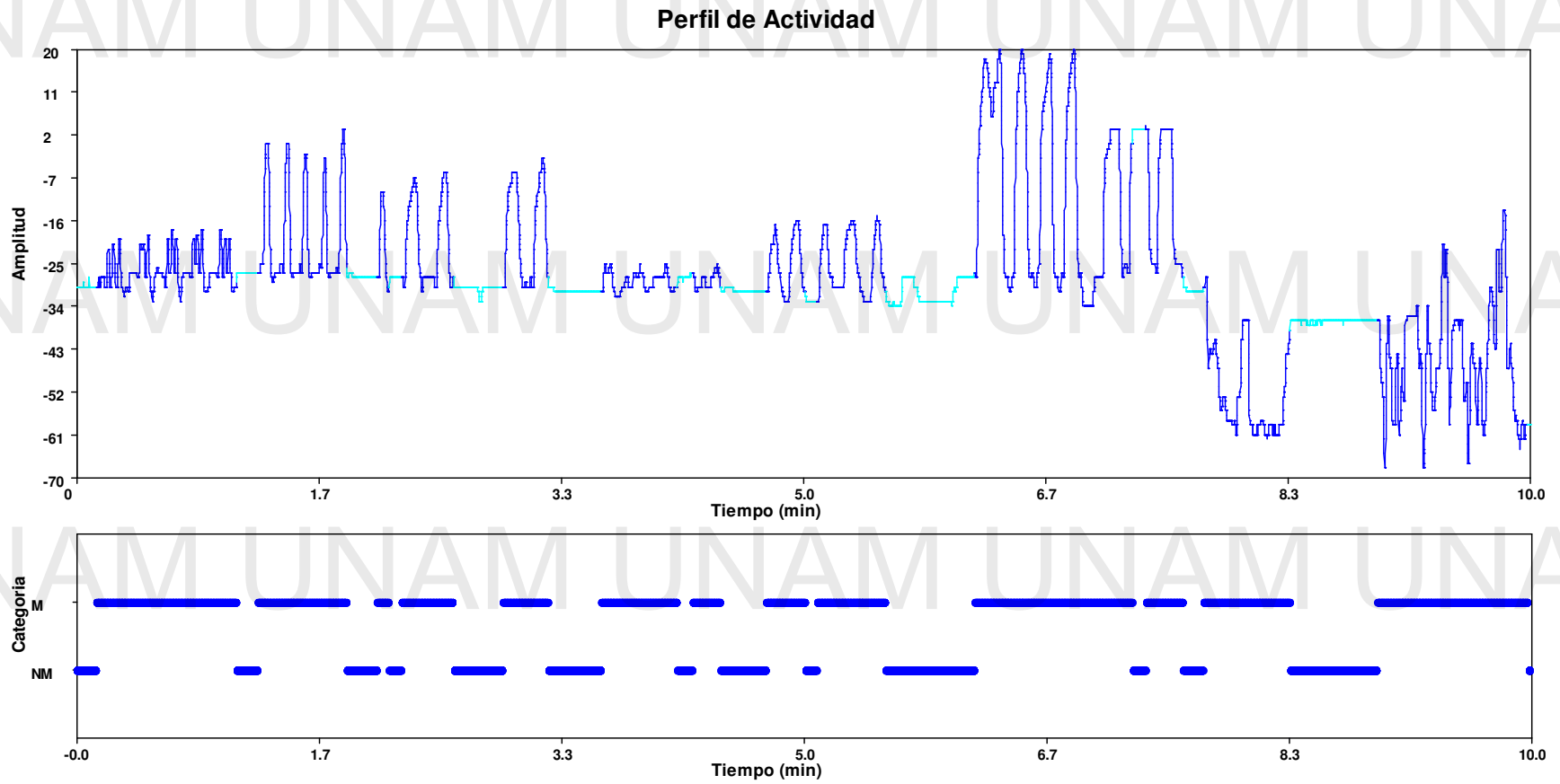
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Análisis preliminar del movimiento en extremidad superior.

- El movimiento puede ser caracterizado por su distribución en intervalos (verticales).
- Los intervalos o rangos de movimiento verticales podrían reflejar o estar relacionados a movimiento funcional.
- Obtener un conjunto de parámetros (medidas) objetivos que sean relevantes para la clínica:
 - Patrones de actividad que se obtienen con determinados movimientos.
 - Segmentación en movimiento y no movimiento.
 - Tiempos de Movimiento / No Movimiento.
 - Posición de la muñeca respecto del hombro.
 - Rangos de movimiento vertical de la muñeca.

5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Segmentación: Movimiento/No Movimiento.



5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Clasificación de movimiento en rangos verticales anatómicos.

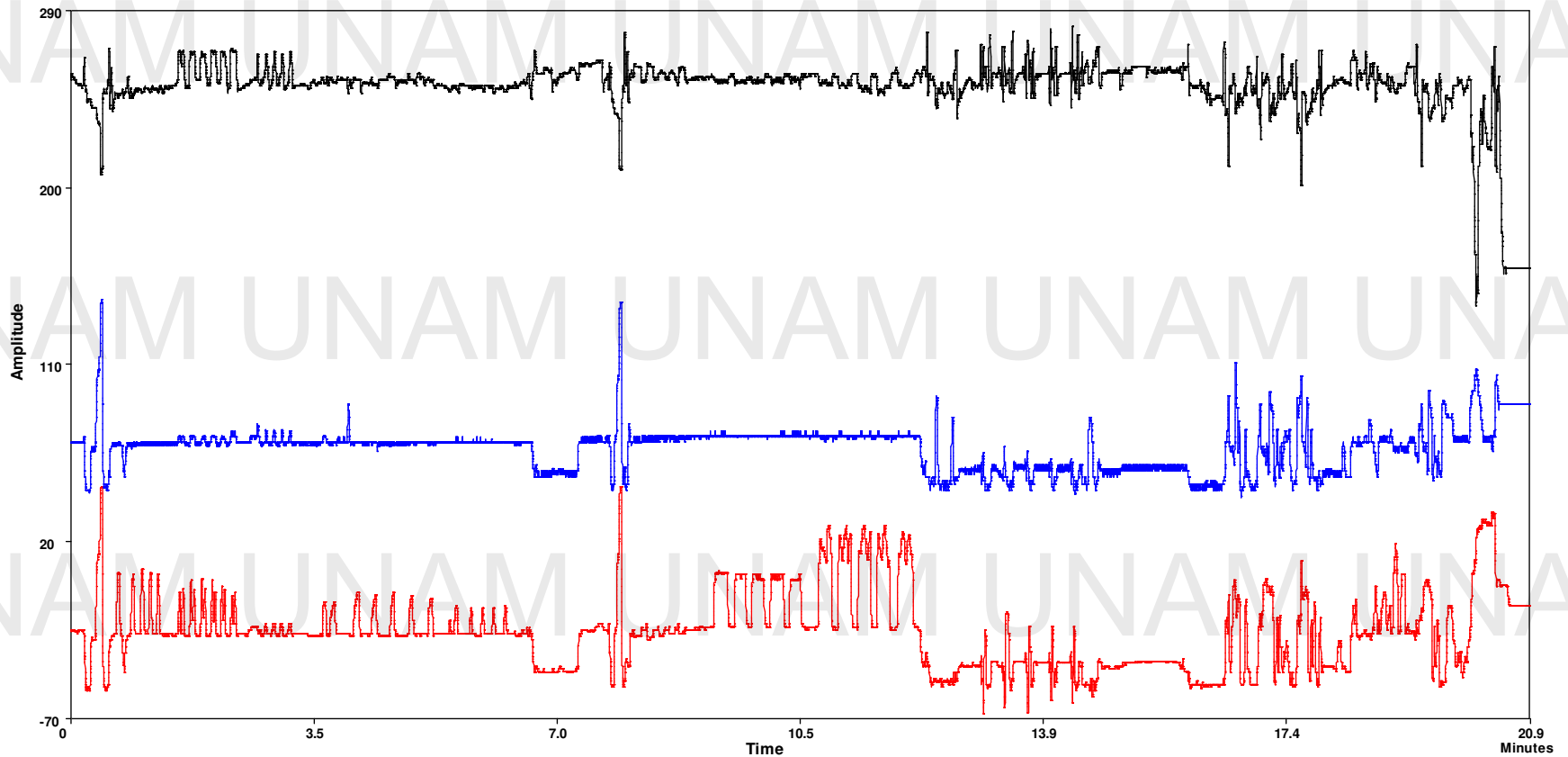
- Se requirió la participación de cuatro voluntarios.
- Realizaron actividades ADL.
- Segmentación de la señal en Movimiento / No movimiento.
- Obtención de zonas verticales de Movimiento



Voluntarios usando el sistema de medición, realizando las actividades propuestas.

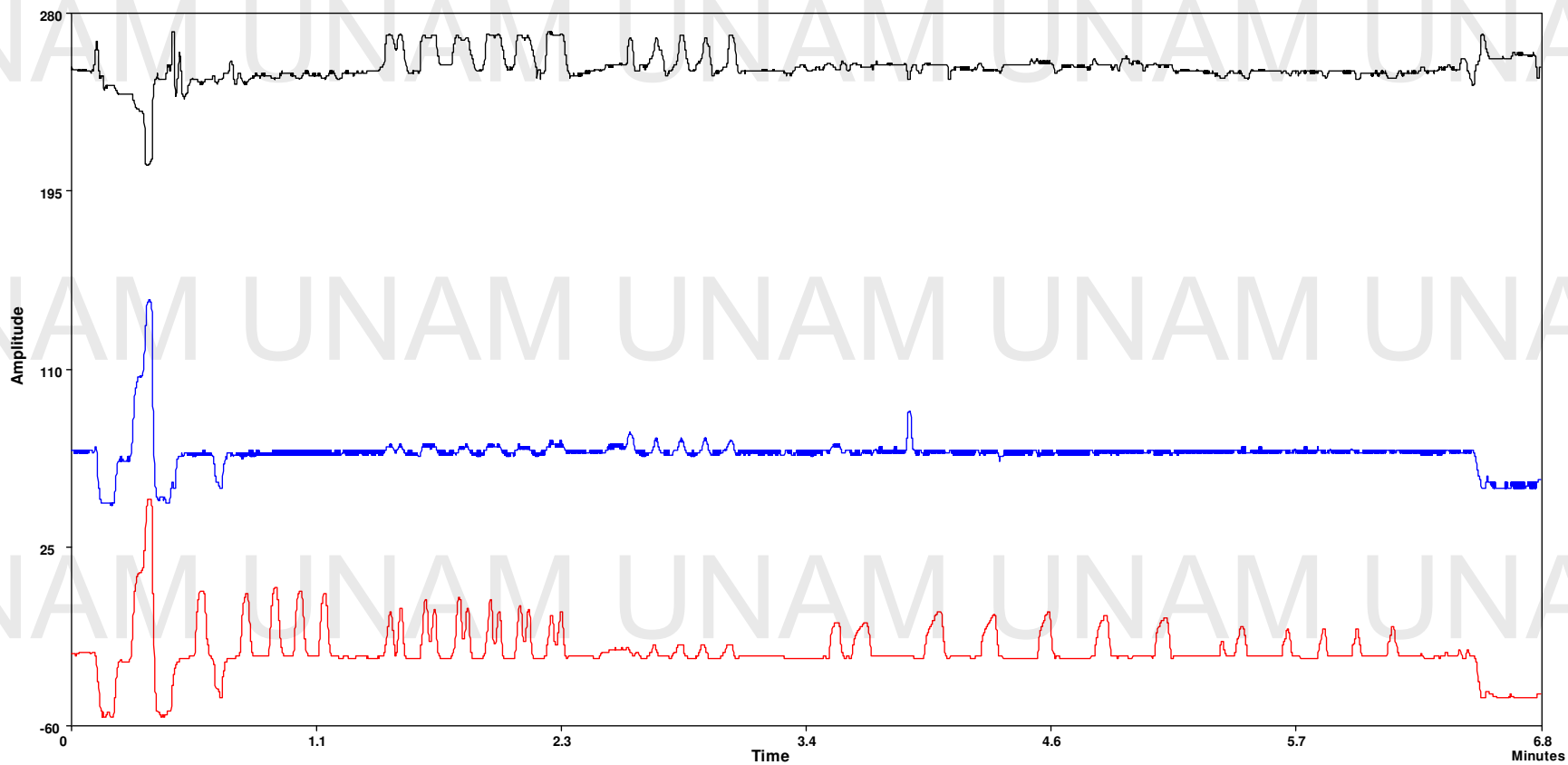
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Perfil de actividades realizadas.



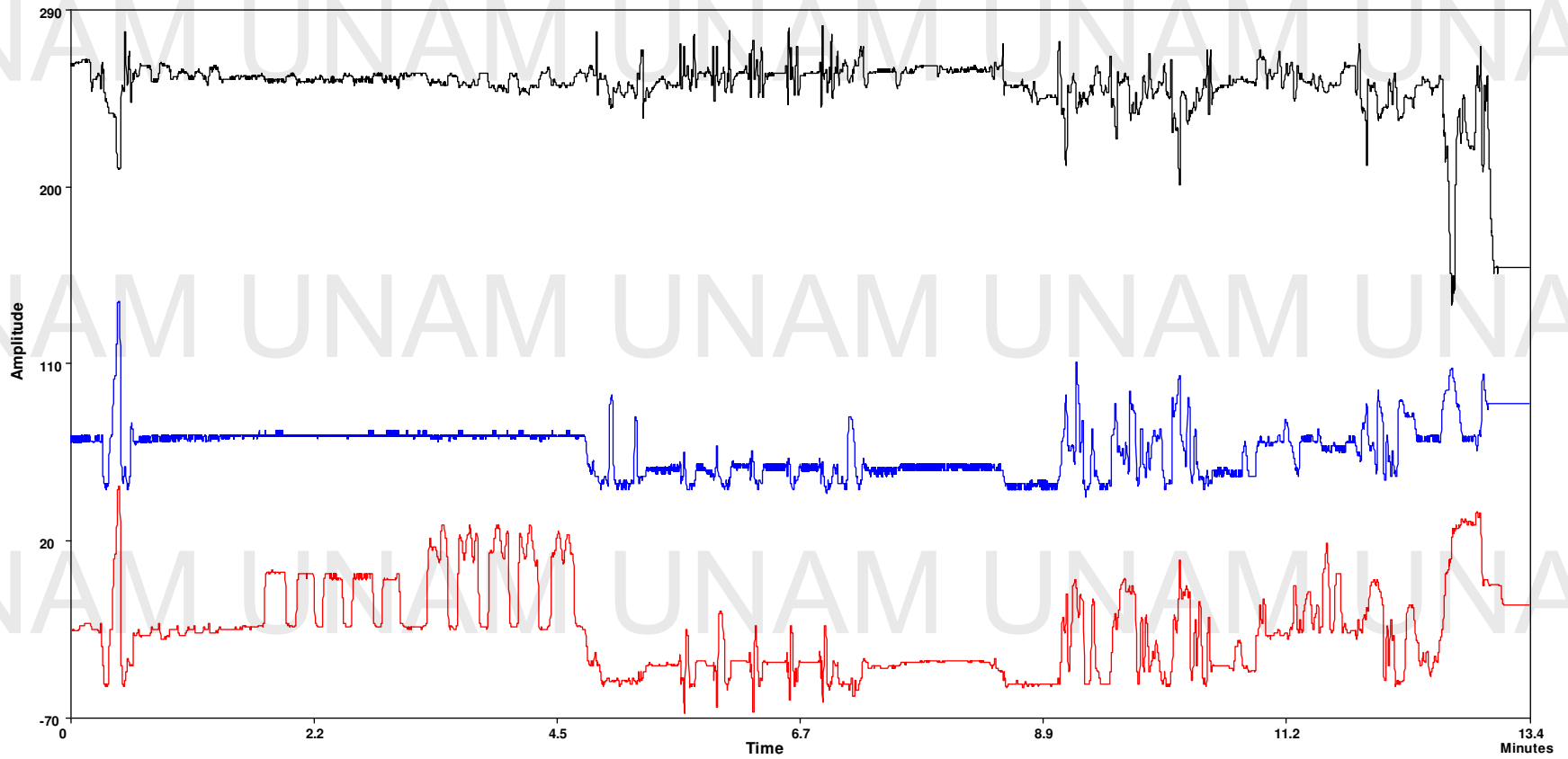
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Perfil de actividades



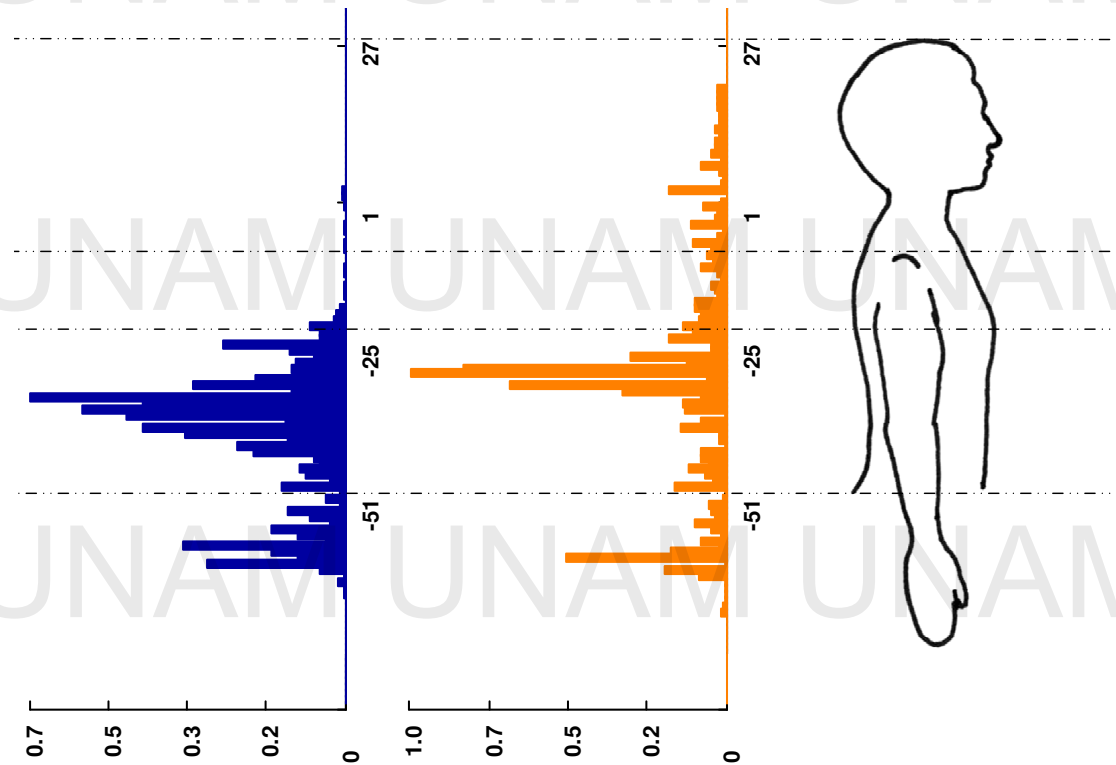
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Perfil de actividades



Rangos Funcionales.

Distribución vertical del movimiento.

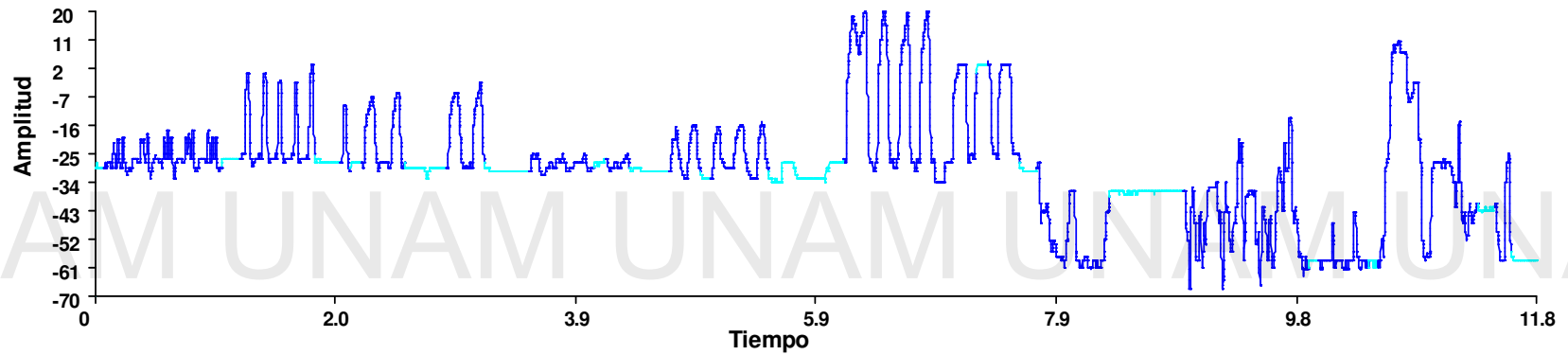


■ No dominante ■ Dominante

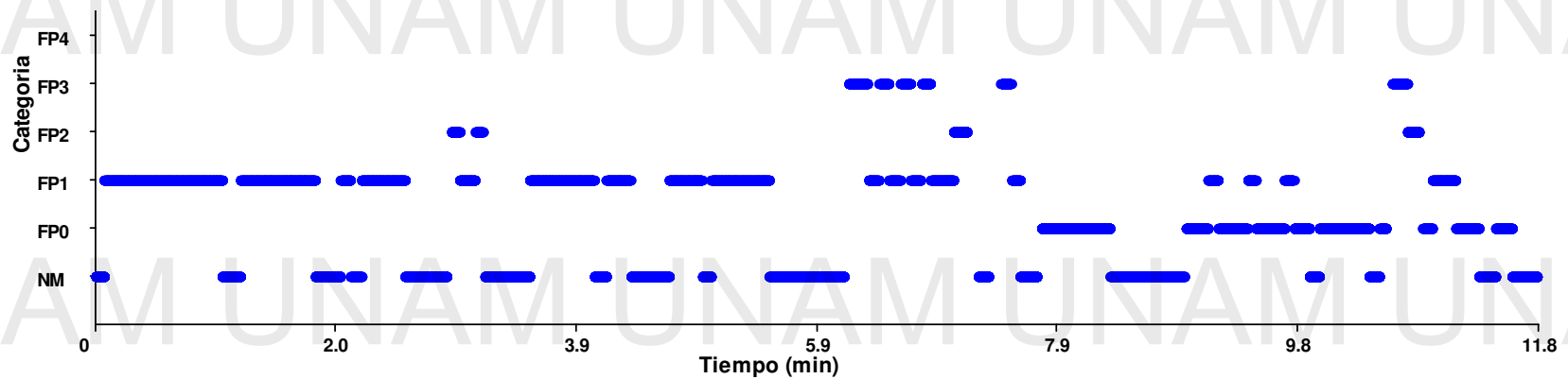
5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Segmentación de movimiento en Rangos Funcionales.

Perfil de actividad

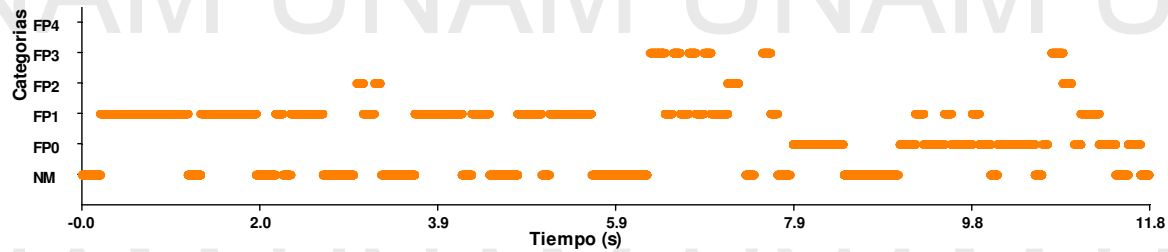
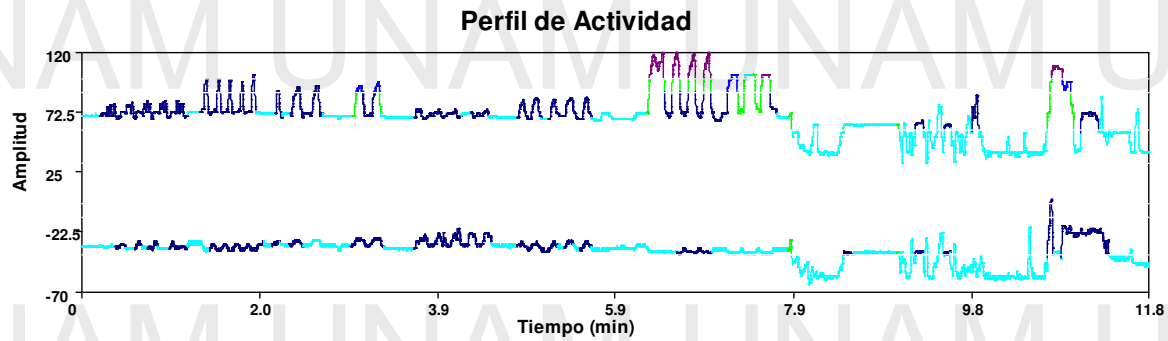


Segmentación de Movimiento en rangos Funcionales

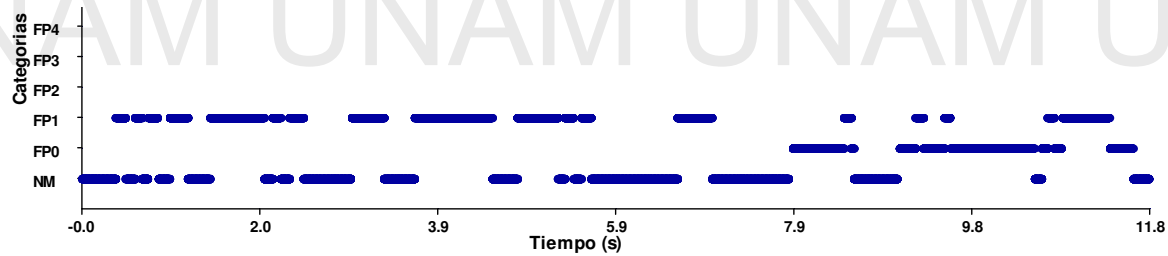
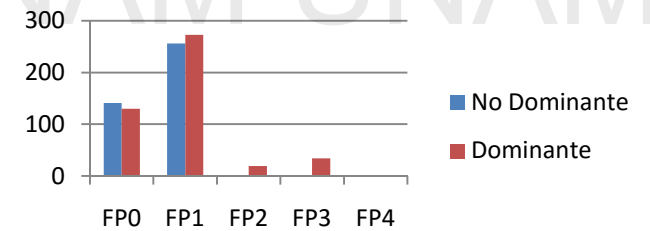


5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Resultados de segmentación ambas extremidades.



Tiempo aproximado de movimiento [s].

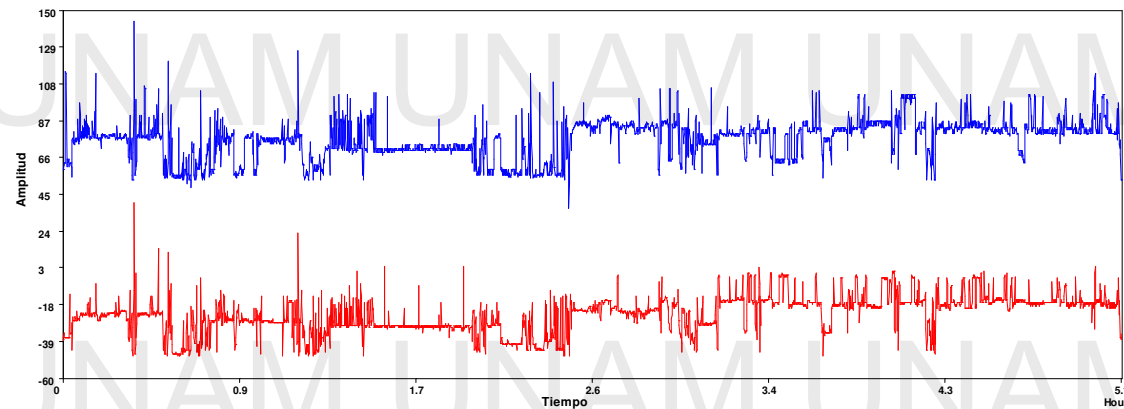
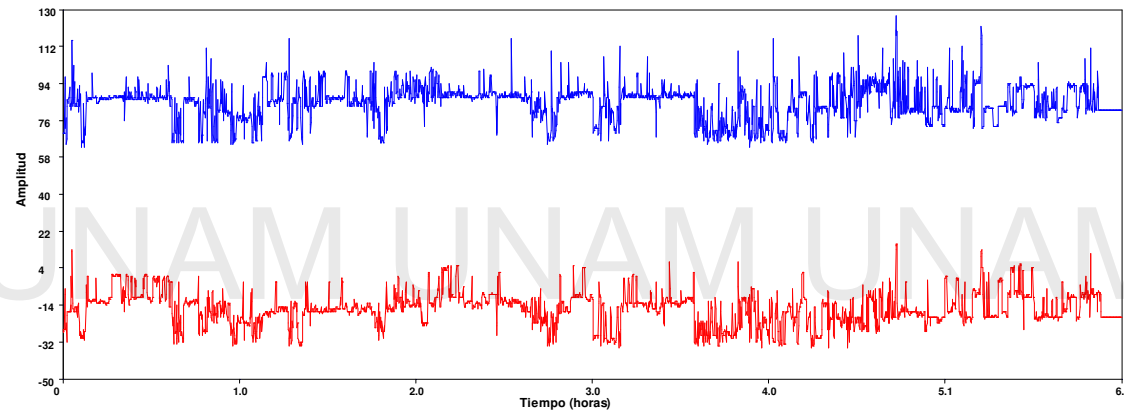


■ No dominante ■ Dominante

5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Resultados.

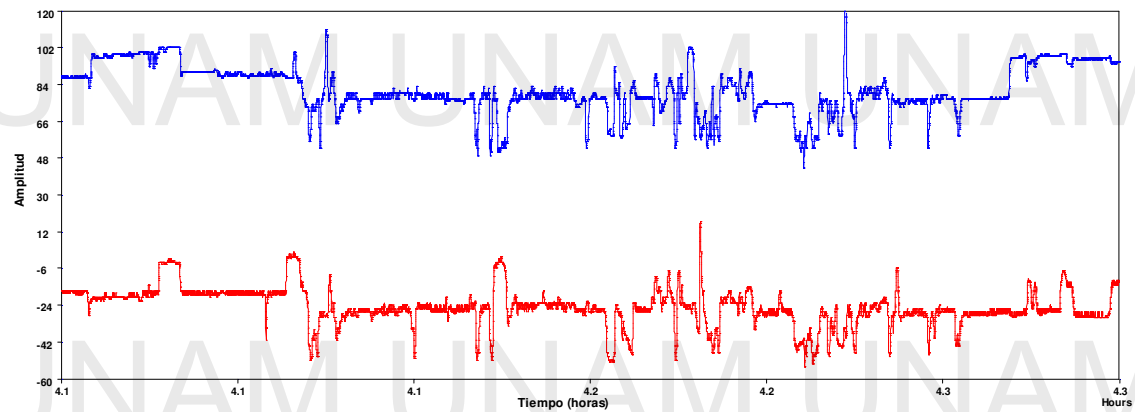
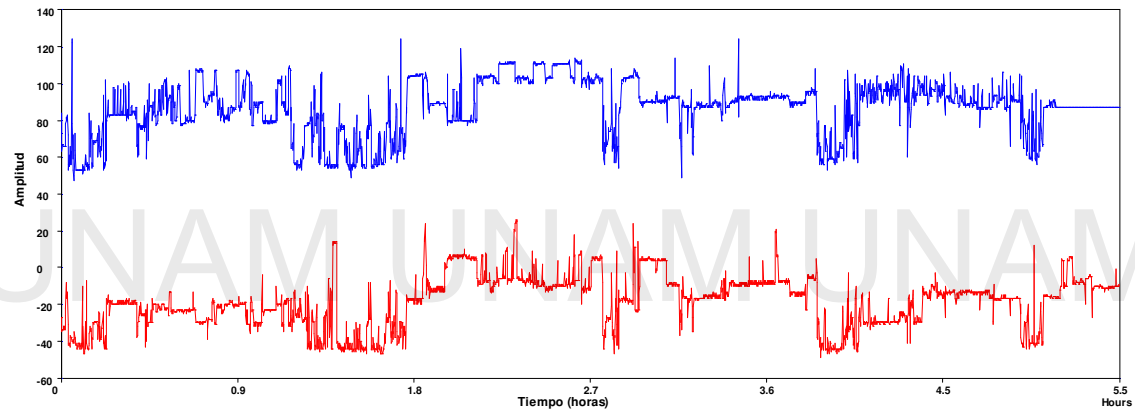
Perfiles de Actividad obtenidos.



5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

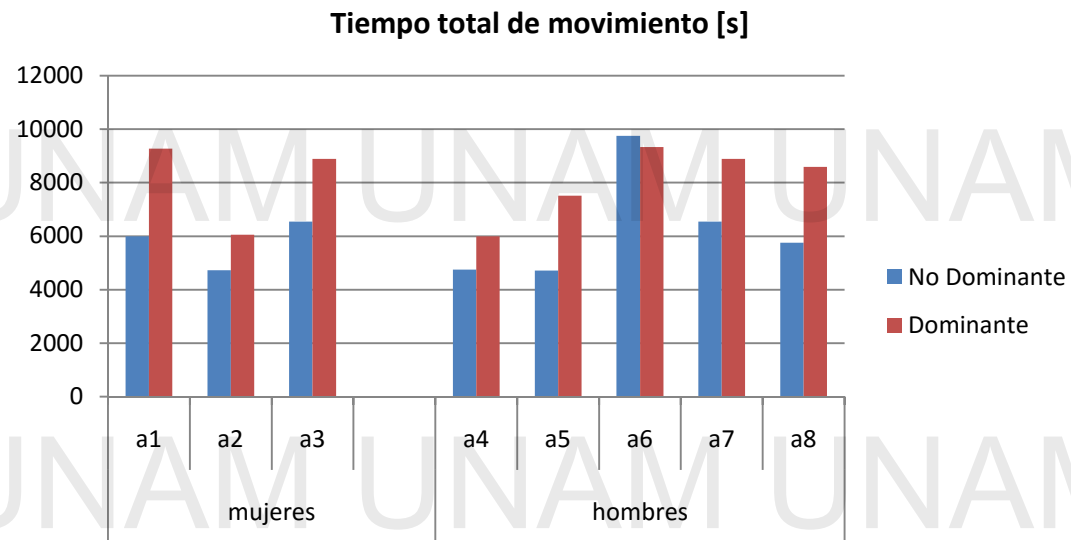
Resultados.

Perfil de actividad y acercamiento.



5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Tiempo total de movimiento en segundos
por extremidad y por participante.

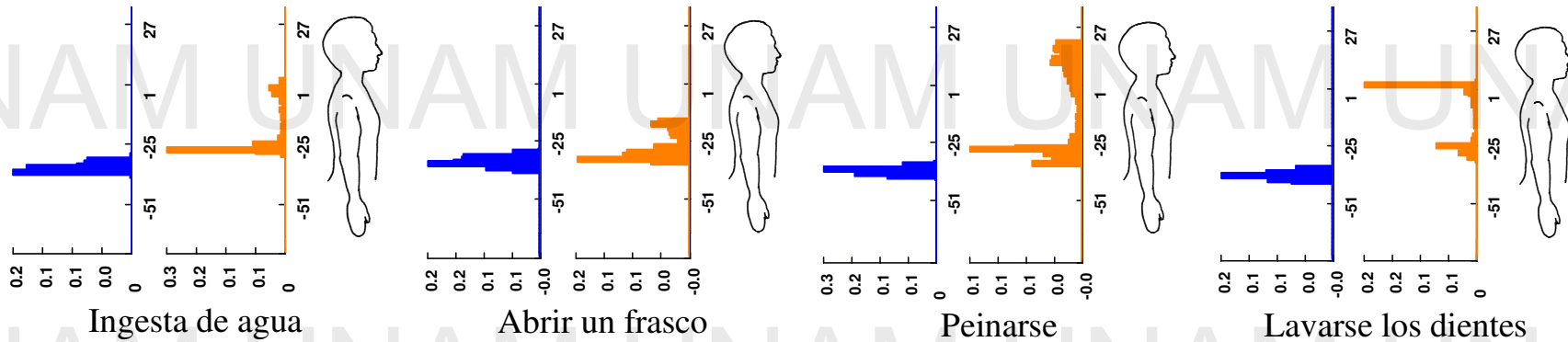


5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

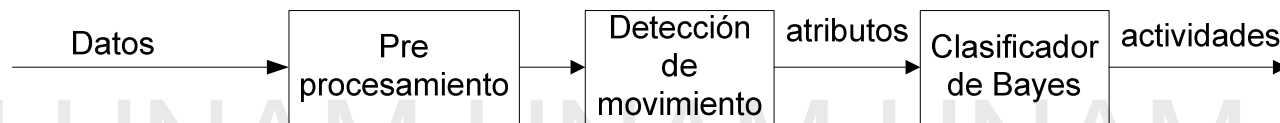
Propuesta para reconocimiento de actividades Funcionales.

- Enfoque Bayesiano

Modelado de actividades.



Clasificador de actividades.

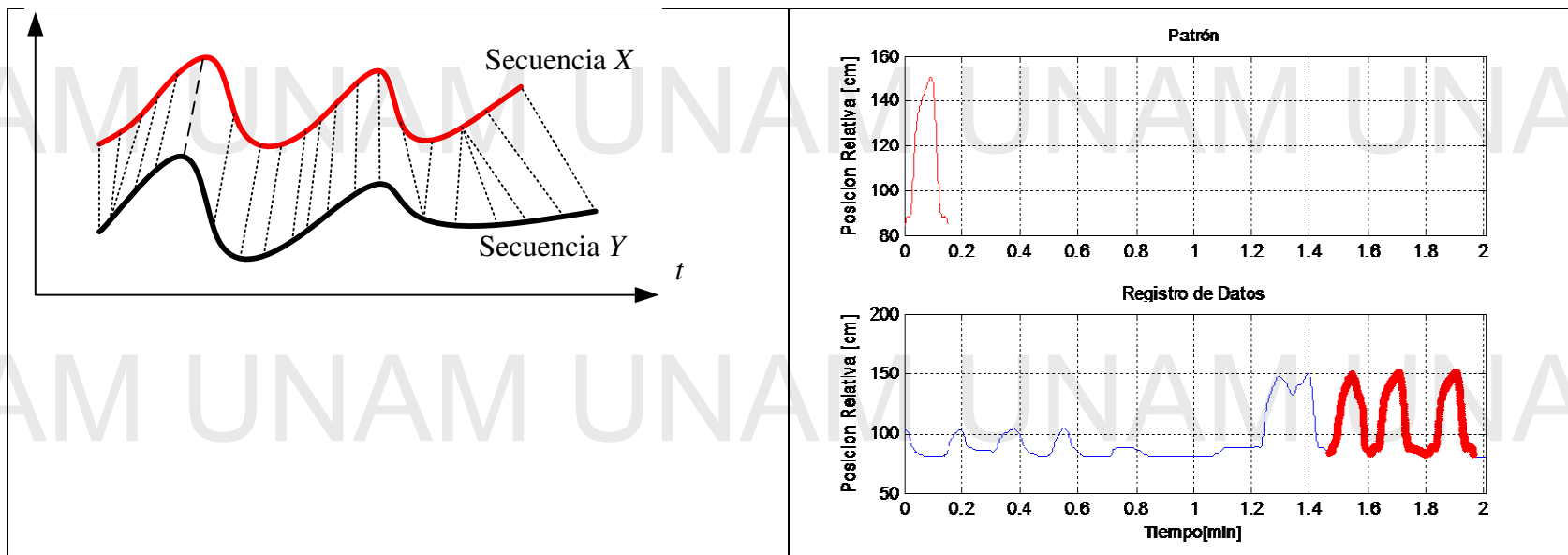


5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Propuesta para reconocimiento de actividades Funcionales.

- Medida de semejanza: Dynamic Time Warping (DTW)

Búsqueda de señal patrón (actividad)



- Se implementó un sistema de monitorización inalámbrico para las extremidades superiores.

- Pueden integrarse módulos de adquisición adicionales, sin reducir confort.

- Una sola unidad de almacenamiento, eliminando problemas de sincronización.

- Se obtiene información relevante:

- Movimiento y posición.
- Tiempo de movimiento en rangos verticales.

- Es considerado confortable sin que haya interferido en las actividades cotidianas.

↓

- Se proponen técnicas para detección de ADL:

- DTW: alto potencial para detectar una actividad realizada a diferente rapidez.
- HMM: detectar o estimar la secuencia de actividades funcionales.

5. Evaluación: Colección y procesamiento de señales

Sobre el Hardware:

- Transceptores de RF.
- Almacenamiento en memoria uSD, sistema de archivos FAT16/32.
- Sensor de postura.
- Manufactura de más unidades.

Sobre análisis de datos:

- Generar una base de datos.
- Técnica de análisis de No Movimiento Funcional.
- Técnica de análisis de Movimiento bimanual.
- Implementación y evaluación de algoritmos.