

Enfermedades Musculares en la Infancia y Adolescencia (XII)



Exoesqueletos biónicos: una alternativa terapéutica en las enfermedades neuromusculares

Dra. Elena García Armada

Científico Titular CSIC

Centro de Automática y Robótica (CSIC-UPM)



Una necesidad global

1% de la población Mundial con

3 millones por lesión medular
pérdida de marcha

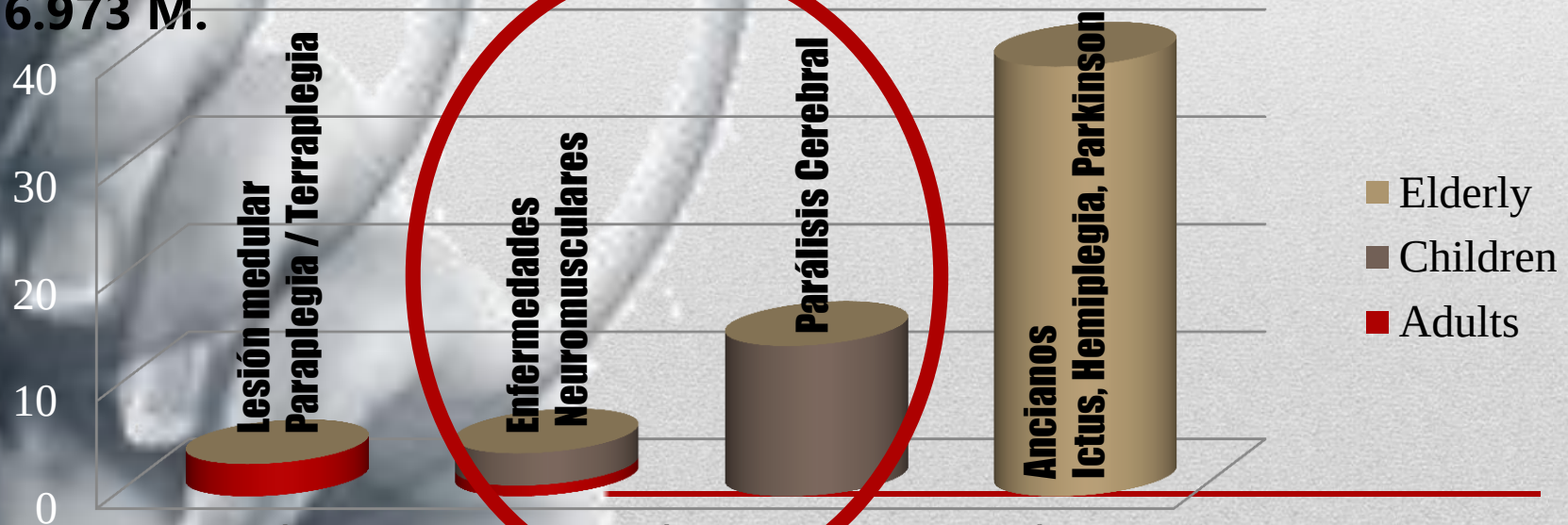
4 millones por enfermedades neuromusculares

14 millones por parálisis cerebral, espina b

40 millones de **ancianos**

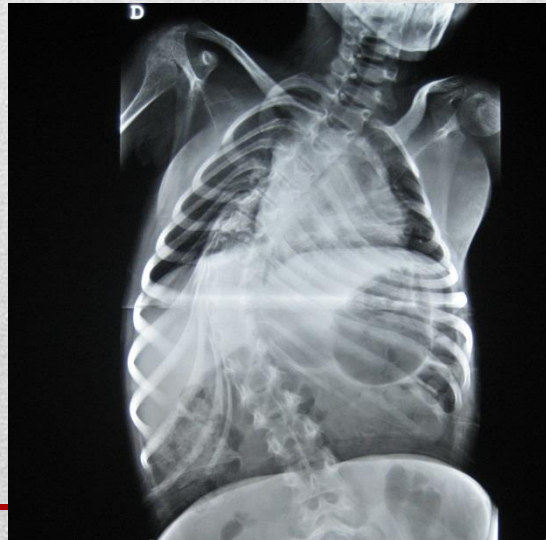
World Population:
6.973 M.

60 Millones de personas no pueden caminar



A los efectos degenerativos de su propia enfermedad se suman las complicaciones derivadas de la sedestación permanente

- **Deformidades** en las articulaciones, contracturas en tobillos, pies, rodillas.
- **Luxación** de cadera.
- **Escoliosis**. Ésta a su vez deriva en **disfunción pulmonar**.



Tratamiento de las complicaciones

Las complicaciones podrían retrasarse, e incluso evitarse si se mantuviera la marcha:

- **Bipedestadores** (solo posición bípeda)
- **Ortesis largas** (pasivas, sólo si el paciente puede aun caminar)



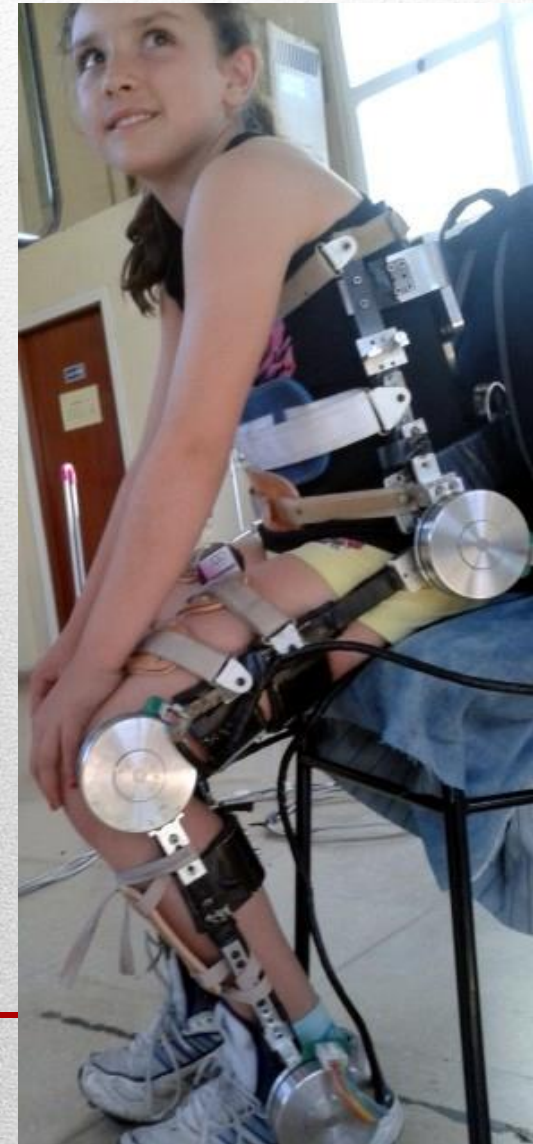
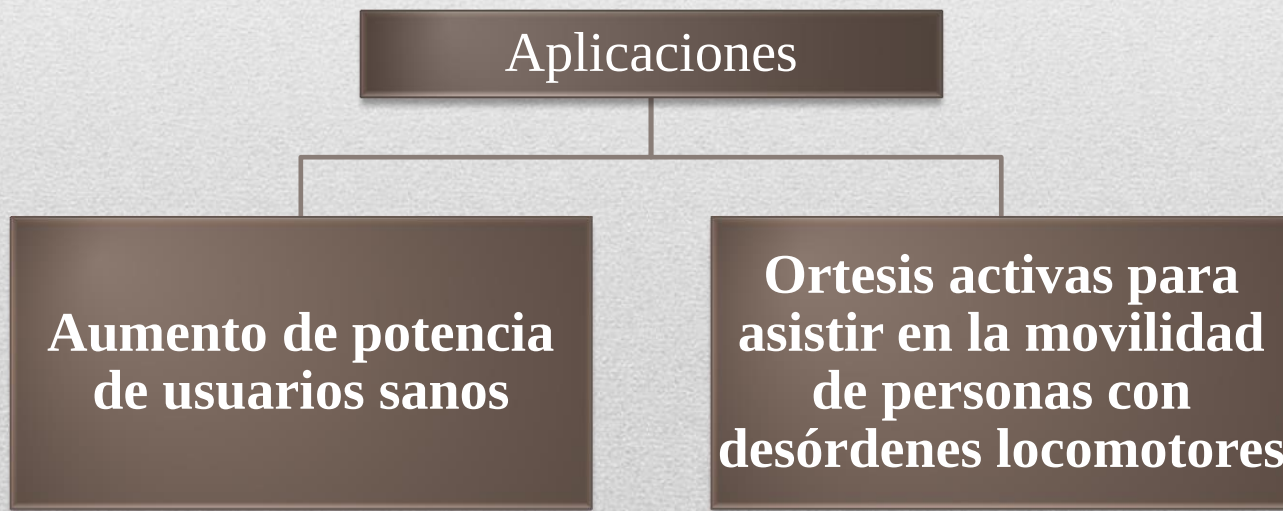
Es una necesidad poder disponer de un dispositivo para que estos niños puedan conseguir la marcha sin esfuerzo y de esta forma poder retrasar e incluso evitar la aparición de las complicaciones asociadas.

Expectativas terapéuticas de la Robótica

Hipótesis: Mantener la marcha mejoraría la calidad de vida de estos niños y podría retrasar las complicaciones asociadas a la enfermedad

Exoesqueletos biónicos

- Dispositivos robóticos que se ajustan a las piernas (y tronco) y contribuyen en mayor o menor grado al movimiento de las articulaciones del usuario.

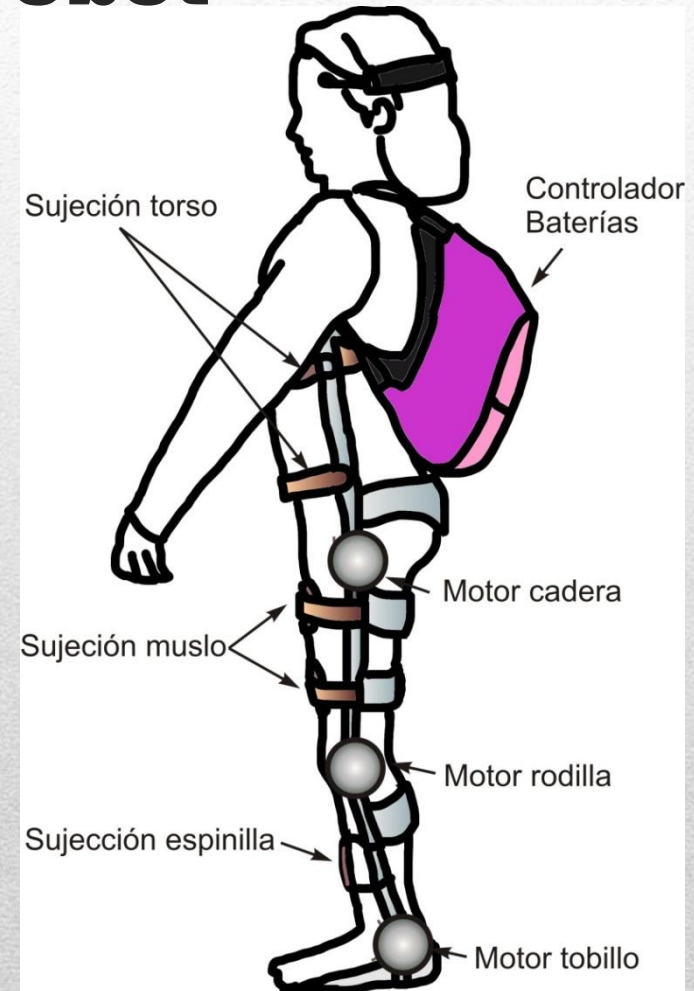


Exoesqueletos biónicos: integración humano y robot



Complemento de capacidad física:

- Movilidad
- Fuerza
- Equilibrio
- Automomía



Exoesqueletos para rehabilitación en hospitales

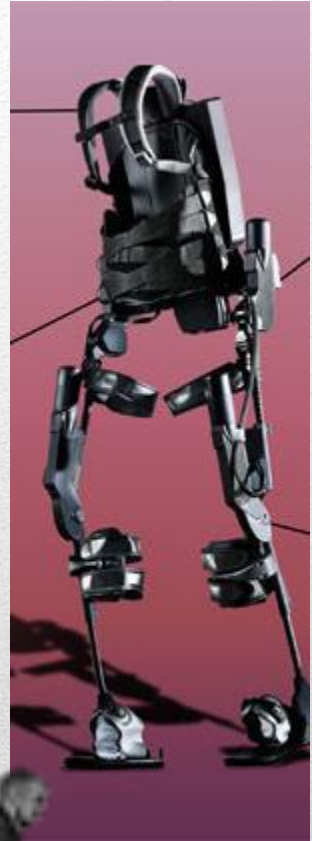


Exoesqueletos vestibiles: ayuda a la movilidad y rehabilitación activa

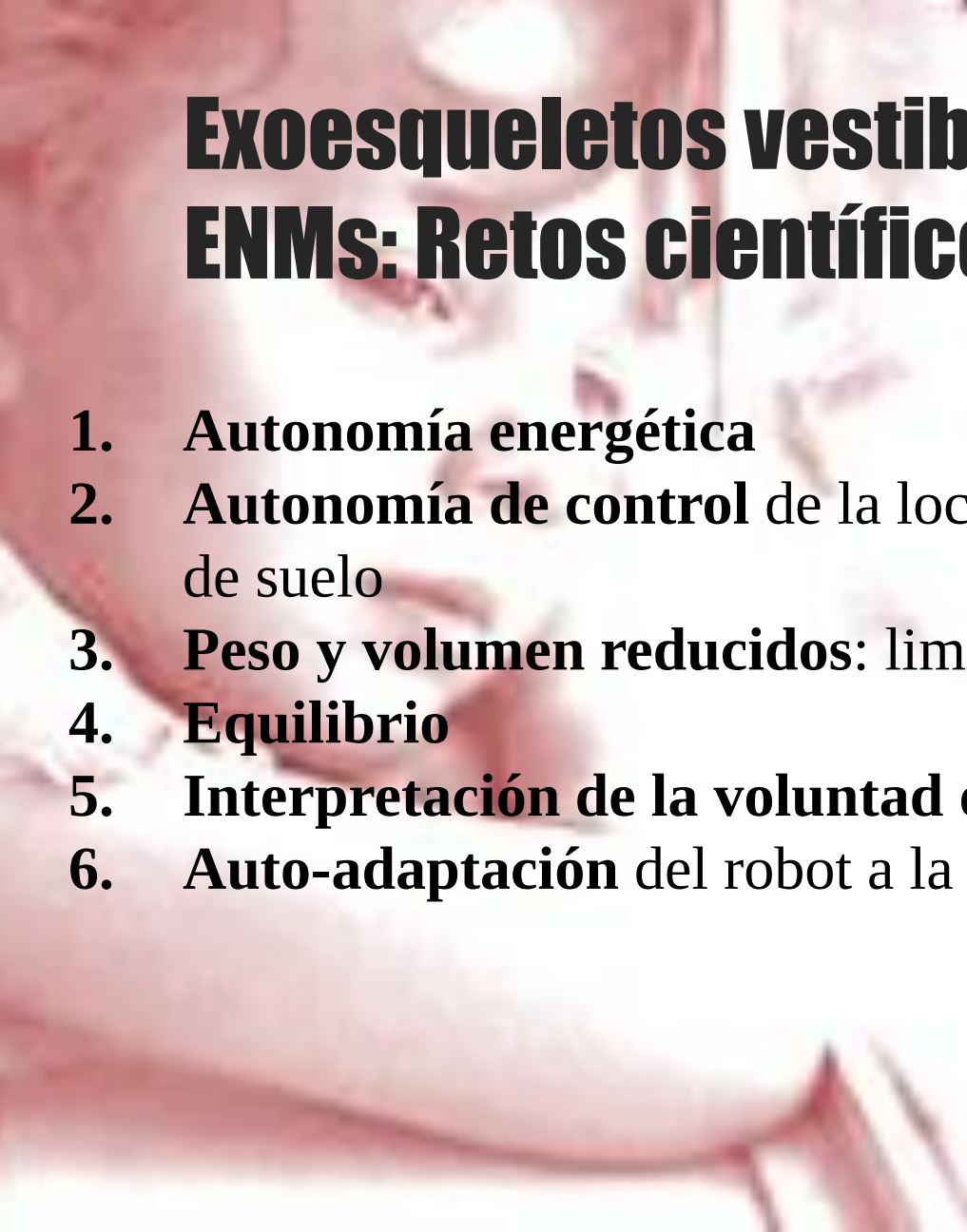


Exoesqueletos vestibiles

- Incorporan a bordo sensores, motores, computador y baterías
- Soportan su propio peso y parte del peso del usuario
- Uso indicado:
 - Lesión medular paraplejia
 - Adultos
 - Todavía en hospitales



Exoesqueletos biónicos como alternativa terapéutica en ENMs - Elena García



Exoesqueletos vestibles para niños con ENMs: Retos científicos

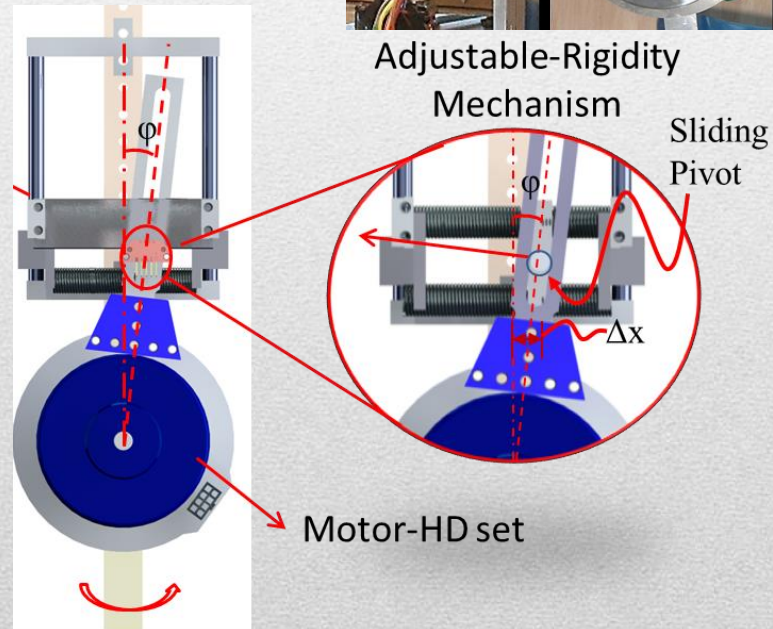
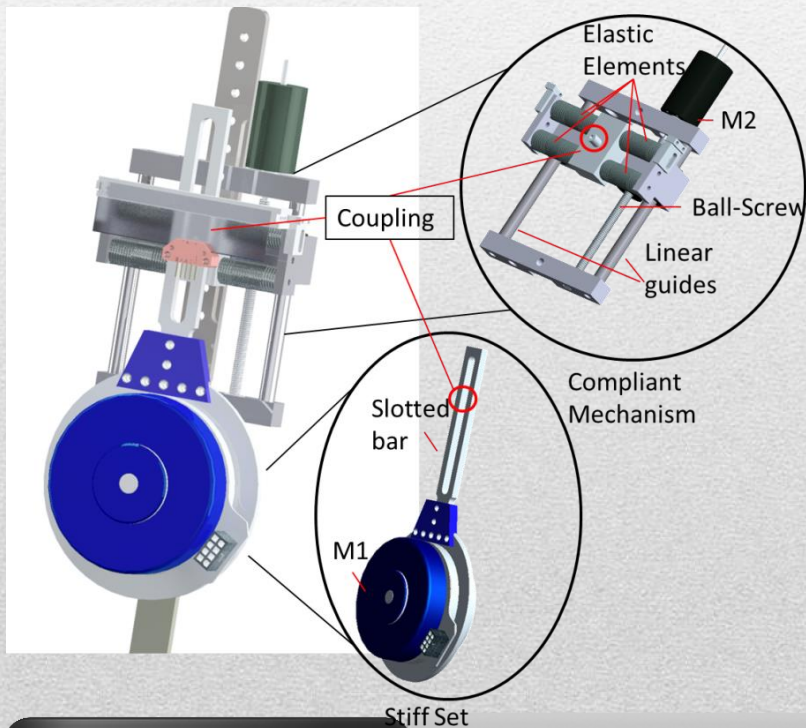
1. **Autonomía energética**
2. **Autonomía de control** de la locomoción en diferentes tipos de suelo
3. **Peso y volumen reducidos:** limita actuadores y materiales
4. **Equilibrio**
5. **Interpretación de la voluntad de movimiento** del usuario
6. **Auto-adaptación** del robot a la **sintomatología** del usuario

Exoesqueletos vestibiles para niños con ENMs: Retos científicos

1. **Autonomía energética**
2. **Autonomía de control** de la locomoción en diferentes tipos de suelo
3. **Peso y volumen reducidos:** limita actuadores y materiales
4. **Equilibrio**
5. **Interpretación de la voluntad de movimiento** del usuario
6. **Auto-adaptación** del robot a la **sintomatología** del usuario

ATLAS: Autonomía energética

➤ Emulación de la elasticidad articular

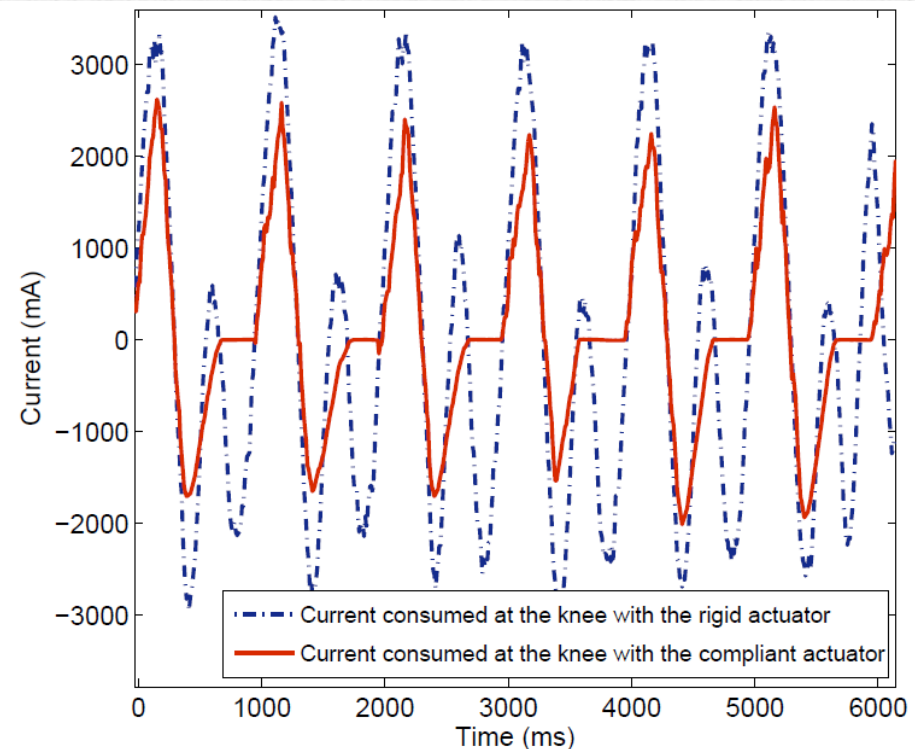
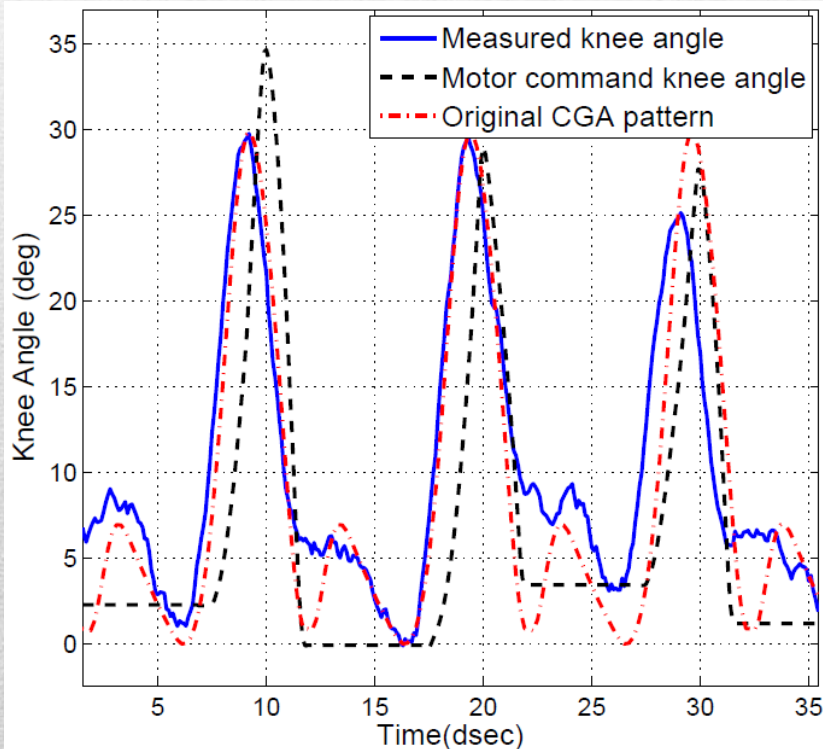


Patente
Internacional

• ARTICULACIÓN CON RIGIDEZ CONTROLABLE Y
DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE FUERZA

Autonomía energética

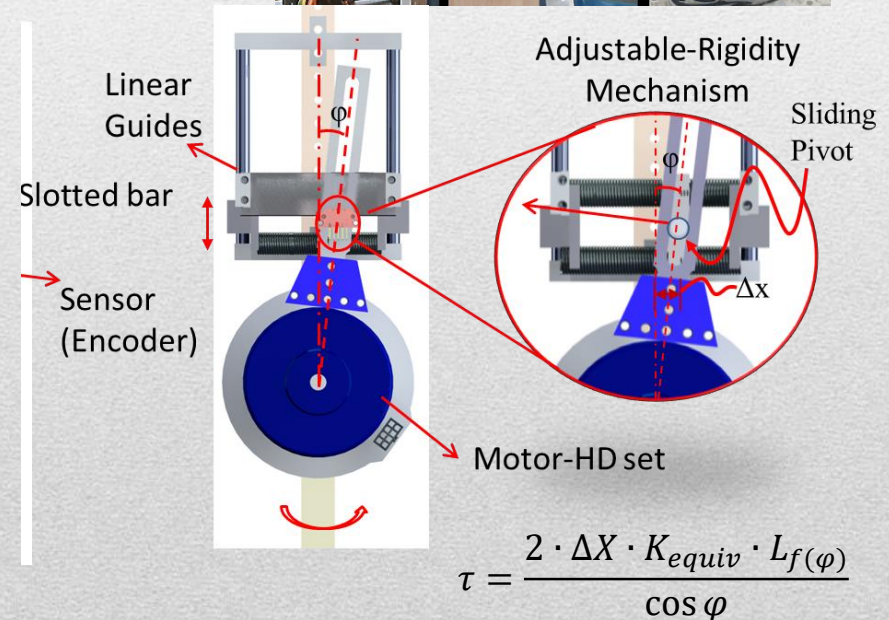
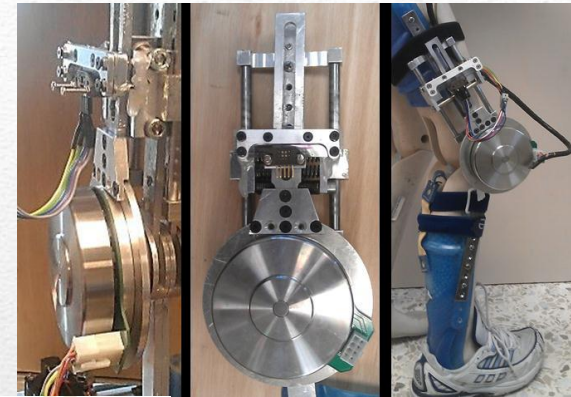
- ✓ Incremento de potencia/peso, par/peso, potencia/volumen y par/volumen respecto al estado del arte
- ✓ Reducción de 40% consumo energético durante el ciclo de locomoción
- ✓ Movimiento natural



ATLAS: Locomoción natural en diferentes tipos de suelo

➤ adaptación automática de rigidez articular:

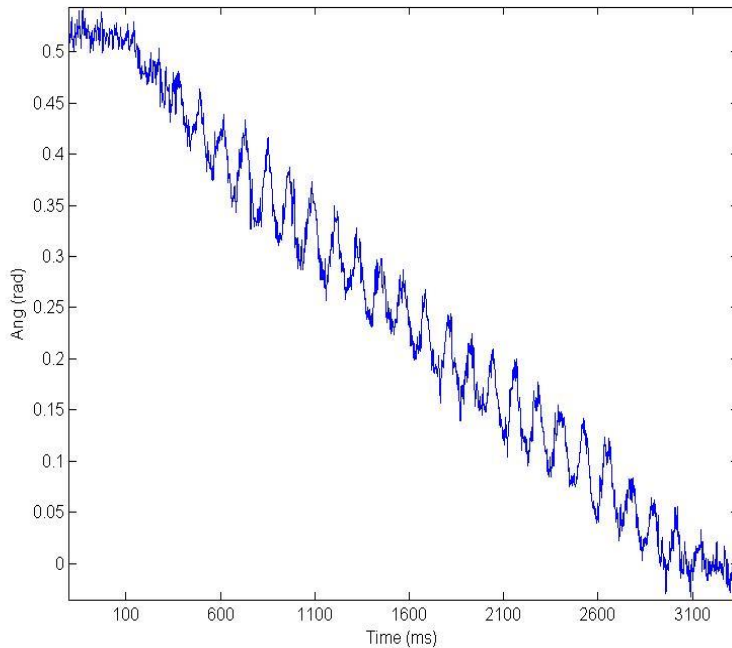
- al usuario;
- al tipo de suelo;
- a las fases del ciclo de locomoción
- *Amortigua espasmos, temblores, admite espasticidad.*



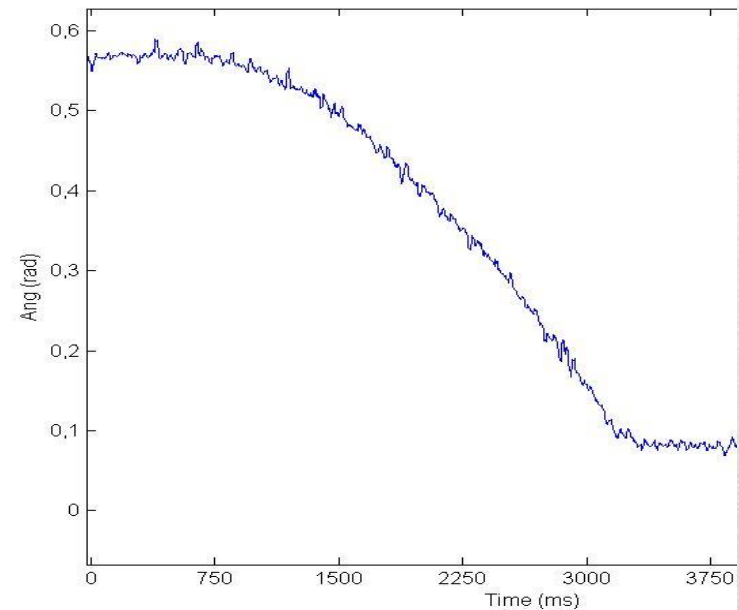
Patente
Internacional

• ARTICULACIÓN CON RIGIDEZ CONTROLABLE Y
DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE FUERZA

ATLAS: Adaptación de la rigidez articular y absorción de temblor



Articulación descontrolada por efecto de temblor (Parkinson)



Articulación controlada tras filtrar el temblor

Patente
Internacional

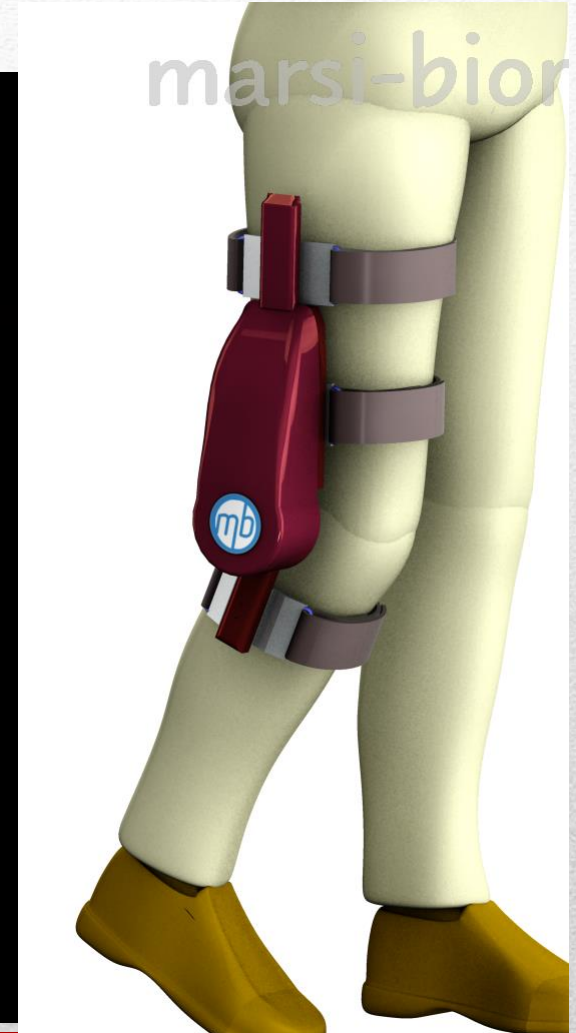
• ARTICULACIÓN CON RIGIDEZ CONTROLABLE Y
DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE FUERZA

ATLAS: Detección y amplificación del movimiento articular

1. Detección de voluntad de movimiento articular
2. Amplificación de fuerza muscular
3. Programación de movimientos de rehabilitación
4. Medición de resistencia al movimiento articular

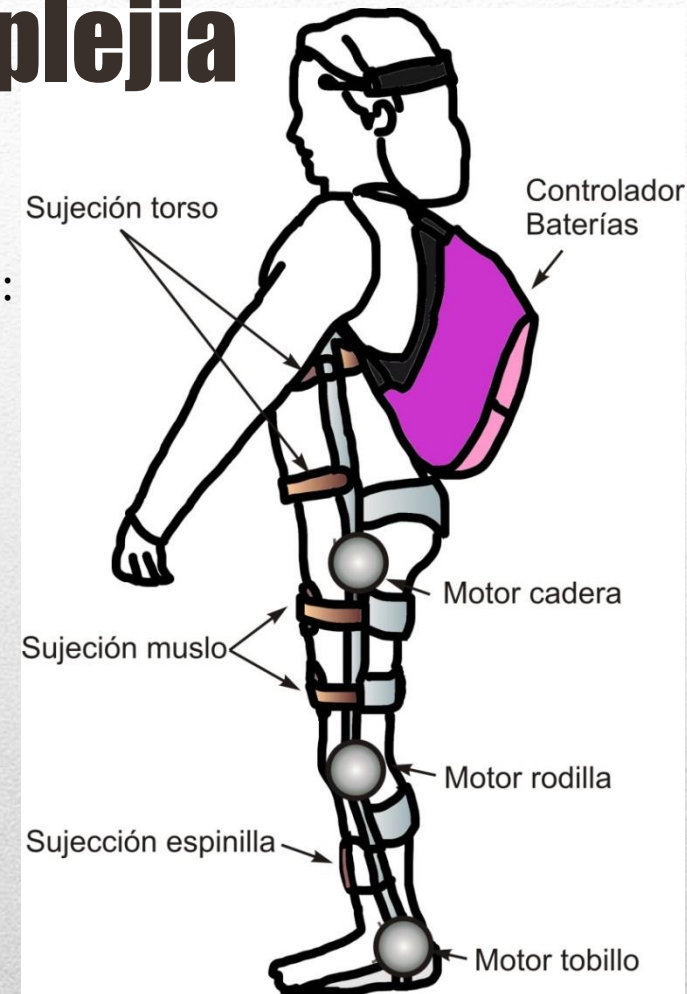
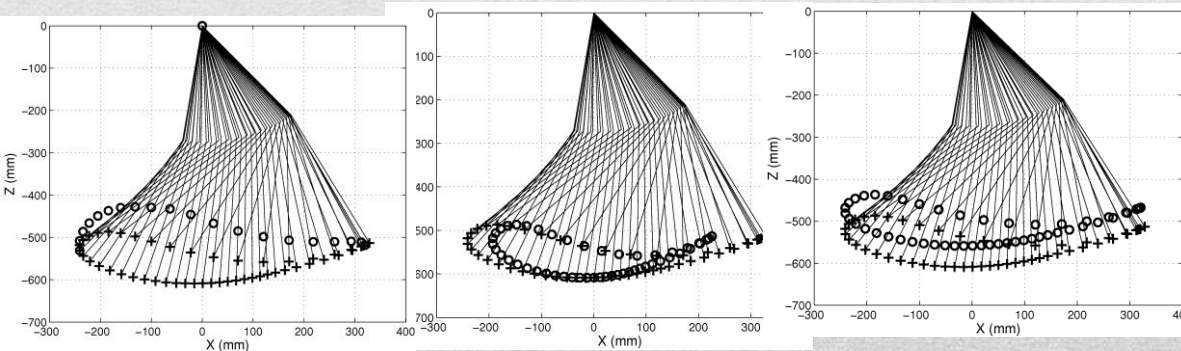


¿Cómo funciona?



ATLAS: Aplicación a tetraplejia

- 3GDL por pierna en el **plano sagital**
- Estructura ortésica de tronco a pie (THKAFO) extensible: Bitutores de duraluminio (9 kg)
- Sujeciones (velcro) en torso, piernas y planta del pie
- Sensores de posición y fuerza articular
- Sistema de **medida de presión plantar**
- **Auto-adaptación** de patrones de marcha



**Best Paper in
Robotics**

• IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Guangzhou, China, 2012

Proyecto ATLAS: prueba de concepto

✓ Abril 2013: Primer exoesqueleto probado en tetraplejia:

Lesión medular C4-C7

Pediátrico



¿Cómo funciona?



¿Cómo funciona?



¿Cómo funciona?



TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA A LA SOCIEDAD:

Exoesqueletos vestibles pediátricos

ATLAS2020 EXOESQUELETO PEDIÁTRICO PORTABLE

- Dispositivo ortésico activo que se acopla a piernas y tronco.
- Reproduce una marcha natural y fisiológica.
- Rehabilita la función neuromuscular.
- Portable: autonomía en las actividades diarias.
- Movilidad 3D
- Control activo de la rigidez articular
- Ajustable en dimensiones
- Tallas de 3 a 14 años



Permite
caminar

No requiere
transferencia

Genera una
marcha
natural

Absorbe
espasmos y
espasticidad

Ligero,
Cómodo,
Fácil de usar



- Empresa nacida del **Consejo Superior de Investigaciones Científicas**.
- Equipo **multidisciplinar**
- Más de **20 años de experiencia** en investigación sobre robots caminantes



8 premios a la innovación últimos 2 años (Editoriales científicas internacionales)



Premio mejor idea empresarial de base tecnológica



Constitución de Marsi Bionics



Compra pública pre-comercial UE FP7



Ganadores “Sanidad del Futuro”



2º Premio European Robotics Forum



1er Premio IE Venture Network Toledo (Hospital Paraplégicos)

Enfermedades Neuromusculares: Nuevos Retos

DISTROFIA MUSCULAR

Enfermedades neuromusculares

Síntomas diferentes en cada articulación: rango articular, fuerza muscular.

Debilidad en miembro superior.



Exoesqueletos vestibiles para niños: Retos CIENTÍFICOS

1. Autonomía energética
2. Autonomía de control de la locomoción en entornos / suelos cambiantes
3. Peso y volumen reducidos: limita actuadores y materiales
4. **Equilibrio**
5. Interpretación de la **voluntad de movimiento** del usuario
6. **Auto-adaptación del robot a la sintomatología** del usuario

ATLAS
DPI2010-18702

KINDER

DPI2013-40504R



EXOTrainer

UE FP7 Echord++



Exoesqueletos biónicos como alternativa terapéutica en ENMs Elena García



Expectativas terapéuticas de la Robótica en AME

Proyecto EXOTrainer

EC FP7, Echord++ 401

Participan: CSIC, Hospital Sant Joan de Déu, Marsi Bionics SL

Duración: 18 meses

Objetivo:

- Exoesqueleto para entrenamiento de la marcha en AME II (en hospital)
- **Evaluación clínica de usabilidad** (3 meses)



Proyecto KINDER

MINECO, Plan Estatal I+D+i (DPI2013-40504-R)

Participan: CSIC, Hospital Ramón y Cajal

Duración: 24 meses

Objetivo:

- Mejorar calidad de vida con exoesqueleto en actividades diarias (en casa) AME II (12 meses)
- **Evaluar impacto en calidad de vida**

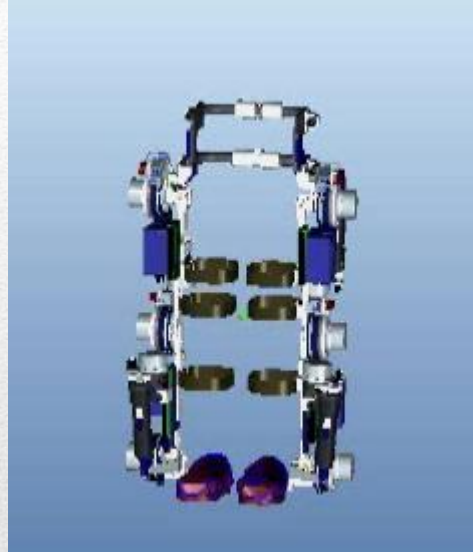


Avance tecnológico en los proyectos EXOTrainer y KINDER

- Nuevos diseños adaptados a AME II
 - Tecnología adaptable al paciente (síntomatología)
 - Control del equilibrio durante la marcha (KINDER)
-

Exoesqueleto AME II

- Exoesqueleto de 10/12 GdL.
 - Rango de edades: 3 a 8 años.
 - Ajustable entre rangos:
 - Tibia 170mm a 300mm
 - Femur 180 a 300mm
 - Pares Max en las articulaciones:
 - H_Flex/Ext 58Nm
 - H_Abdu/Adduc 30Nm
 - H_Rot 20Nm
 - Knee 60Nm
 - A_Fle 35Nm



Rango Máximo de Movimiento Articular (ROM)

Cadera	Flex	110°	Rodilla	Flex	110°
	Ext	30°			
	Abduc	25°			
	Aduc	10°	Tobillo	D Flex	20°
	Int Rot	20°		P Flex	30°
	Ext Rot	20°		Inversión	20°
				Eversión	20°

IMPACTO ESPERADO

- Neuro-rehabilitación de la enfermedad
- Personalización de la terapia: Tecnología adaptable al paciente
- Retraso de complicaciones asociadas
- Esperanza de vida
- Calidad de vida del niño y su familia
- Reinserción social
- Reducción de costes personales
- Reducción de costes al Sistema Nacional de Salud

Enfermedades Musculares en la Infancia y Adolescencia (XII)



Exoesqueletos biónicos: una alternativa terapéutica en las enfermedades neuromusculares

Dra. Elena García Armada

Científico Titular CSIC

Centro de Automática y Robótica (CSIC-UPM)

