

# Plataforma Integral de Tele-rehabilitación para el Adulto Mayor con trastornos de Demencia

Fabián Narváez<sup>1</sup>, Ricardo Proaño<sup>2</sup>, Verónica Cobo<sup>2</sup>, María A. Latta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Bioingeniería y Biomecatrónica - GIByB,  
Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador



# Agenda

- 1 Motivación
- 2 Metodología
- 3 Evaluación y Resultados
- 4 Conclusiones y Perspectivas



# Agenda

- 1 Motivación
- 2 Metodología
- 3 Evaluación y Resultados
- 4 Conclusiones y Perspectivas



# Motivación

- Hasta el 2010, mil millones de personas han vivido con algún tipo de discapacidad física. (15% de la población mundial) <sup>1</sup>
- Hasta el 2015, se ha reportado 47.5 millones de personas padecen demencia. (7.7 millones de casos cada año).
- En Ecuador, 58.000 adultos mayores padecen demencia a causa del Alzheimer. (por cada paciente, 7 personas cercanas a su círculo se ven afectadas, datos tomados del Ministerio de Inclusión Económica y Social - 2015)

La rehabilitación neuro-motora y funcional evita la pérdida de la independencia del adulto mayor

<sup>1</sup>Según la Organización Mundial de la Salud

# Motivación

- Hasta el 2010, mil millones de personas han vivido con algún tipo de discapacidad física. (15% de la población mundial) <sup>1</sup>
- Hasta el 2015, se ha reportado 47.5 millones de personas padecen demencia. (7.7 millones de casos cada año).
- En Ecuador, 58.000 adultos mayores padecen demencia a causa del Alzheimer. (por cada paciente, 7 personas cercanas a su círculo se ven afectadas, datos tomados del Ministerio de Inclusión Económica y Social - 2015)

La rehabilitación neuro-motora y funcional evita la pérdida de la independencia del adulto mayor

# Motivación

- Hasta el 2010, mil millones de personas han vivido con algún tipo de discapacidad física. (15% de la población mundial) <sup>1</sup>
- Hasta el 2015, se ha reportado 47.5 millones de personas padecen demencia. (7.7 millones de casos cada año).
- En Ecuador, 58.000 adultos mayores padecen demencia a causa del Alzheimer. (por cada paciente, 7 personas cercanas a su círculo se ven afectadas, datos tomados del Ministerio de Inclusión Económica y Social - 2015)

La rehabilitación neuro-motora y funcional evita la pérdida de la independencia del adulto mayor

# Motivación

- Hasta el 2010, mil millones de personas han vivido con algún tipo de discapacidad física. (15% de la población mundial) <sup>1</sup>
- Hasta el 2015, se ha reportado 47.5 millones de personas padecen demencia. (7.7 millones de casos cada año).
- En Ecuador, 58.000 adultos mayores padecen demencia a causa del Alzheimer. (por cada paciente, 7 personas cercanas a su círculo se ven afectadas, datos tomados del Ministerio de Inclusión Económica y Social - 2015)

La rehabilitación neuro-motora y funcional evita la pérdida de la independencia del adulto mayor

# Motivación

- Hasta el 2010, mil millones de personas han vivido con algún tipo de discapacidad física. (15% de la población mundial) <sup>1</sup>
- Hasta el 2015, se ha reportado 47.5 millones de personas padecen demencia. (7.7 millones de casos cada año).
- En Ecuador, 58.000 adultos mayores padecen demencia a causa del Alzheimer. (por cada paciente, 7 personas cercanas a su círculo se ven afectadas, datos tomados del Ministerio de Inclusión Económica y Social - 2015)

La rehabilitación neuro-motora y funcional evita la pérdida de la independencia del adulto mayor

# Una alternativa es la tele-rehabilitación



teleasistencia



Exergames



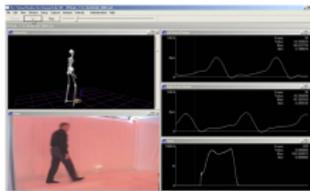
Tecnología Wii



Tecnología KINECT



Planes de terapia personalizada



Medidas Clínicas

# Análisis de Movimiento



# Tecnologías para Telerehabilitación:



# Acerca de la Telerehabilitación:

Actualmente, los sistemas de telerehabilitación se basan en:

- **Estrategias de captura de movimiento basados en KINECT :** Estaciones locales que necesitan software especial local
- **Estrategias basadas en Sensores Inerciales:** Estación local para estimar la orientación y posicionamiento
- **Estrategias basadas en Realidad Virtual:** Entornos gráficos que simulan juegos serios para rehabilitar algunos movimientos.
- **Contribución: Nuestra estrategia se basa en la fusión de las tecnologías anteriores sobre la web con funcionamiento en tiempo real.**



# Acerca de la Telerehabilitación:

Actualmente, los sistemas de telerehabilitación se basan en:

- **Estrategias de captura de movimiento basados en KINECT :** Estaciones locales que necesitan software especial local
- **Estrategias basadas en Sensores Inerciales:** Estación local para estimar la orientación y posicionamiento
- **Estrategias basadas en Realidad Virtual:** Entornos gráficos que simulan juegos serios para rehabilitar algunos movimientos.
- **Contribución: Nuestra estrategia se basa en la fusión de las tecnologías anteriores sobre la web con funcionamiento en tiempo real.**

# Acerca de la Telerehabilitación:

Actualmente, los sistemas de telerehabilitación se basan en:

- **Estrategias de captura de movimiento basados en KINECT :** Estaciones locales que necesitan software especial local
- **Estrategias basadas en Sensores Inerciales:** Estación local para estimar la orientación y posicionamiento
- **Estrategias basadas en Realidad Virtual:** Entornos gráficos que simulan juegos serios para rehabilitar algunos movimientos.
- **Contribución:** Nuestra estrategia se basa en la fusión de las tecnologías anteriores sobre la web con funcionamiento en tiempo real.

# Acerca de la Telerehabilitación:

Actualmente, los sistemas de telerehabilitación se basan en:

- **Estrategias de captura de movimiento basados en KINECT :** Estaciones locales que necesitan software especial local
- **Estrategias basadas en Sensores Inerciales:** Estación local para estimar la orientación y posicionamiento
- **Estrategias basadas en Realidad Virtual:** Entornos gráficos que simulan juegos serios para rehabilitar algunos movimientos.
- **Contribución: Nuestra estrategia se basa en la fusión de las tecnologías anteriores sobre la web con funcionamiento en tiempo real.**



# Retos de la investigación: ....tiempo real..?



Desarrollo de herramientas computacionales para obtener medidas cuantitativas del movimiento humano en tiempo real sobre la web

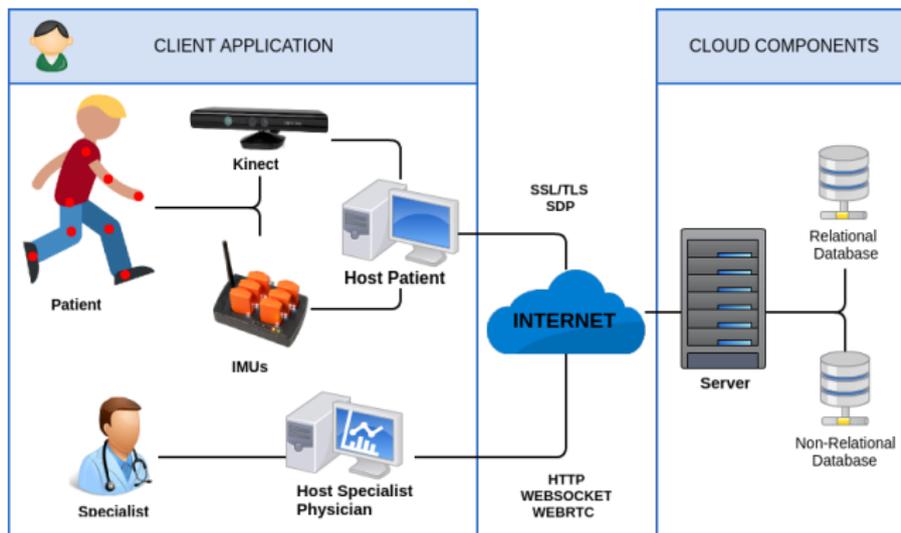
Acceso y cobertura para el adulto mayor con planes de terapia personalizada

# Agenda

- 1 Motivación
- 2 Metodología
- 3 Evaluación y Resultados
- 4 Conclusiones y Perspectivas

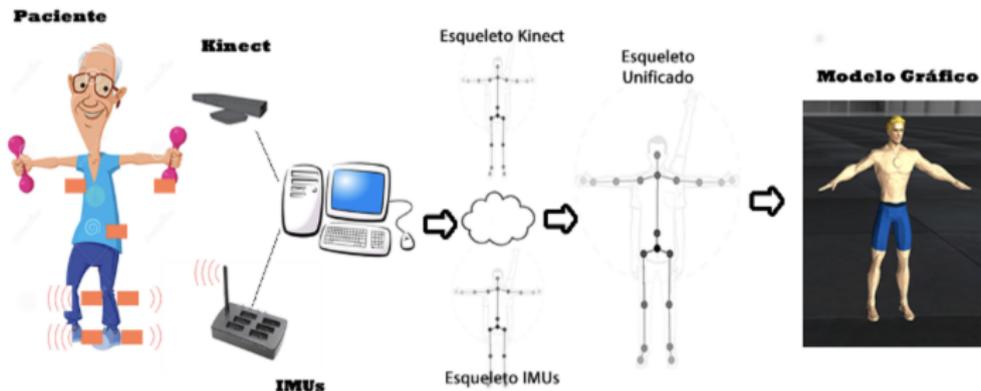


# Arquitectura General:



## Componentes principales:

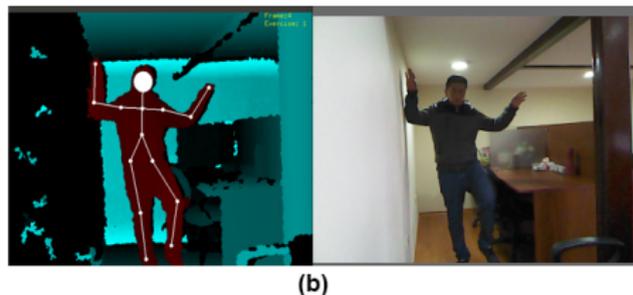
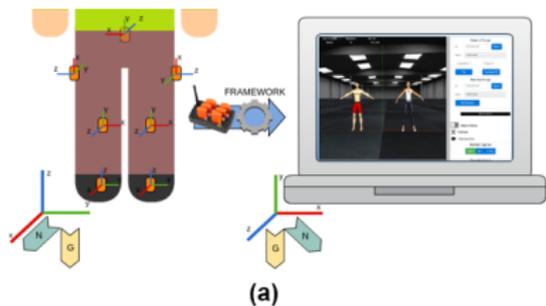
# Aplicación cliente: Módulo de captura de movimiento



## Modelo Biomecánico del cuerpo rígido

Extracción del esqueleto y construcción de un modelo biomecánico de cuerpo rígido

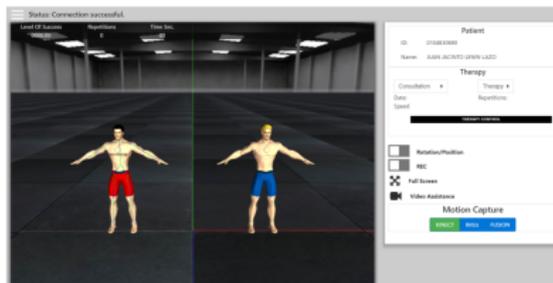
# Aplicación cliente: Módulo de captura de movimiento



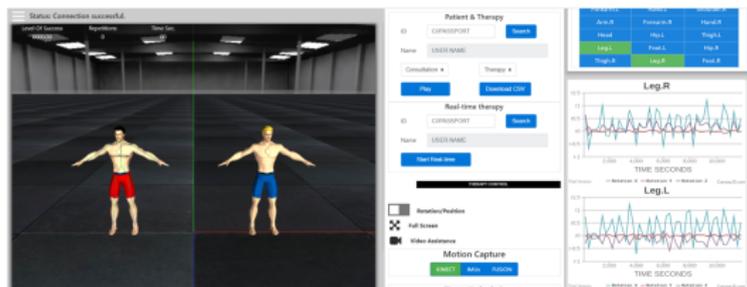
El problema: establecer un marco de referencia del entorno virtual frente al marco de referencia de los sensores de movimiento

- Los sensores inerciales se usaron para estimar la orientación de las articulaciones
- La cámara kinect es usada para estimar la posición de las articulaciones

# Aplicación cliente: Módulo de visualización



(a)



(b)

Entornos gráficos 3D

Renderización en tiempo real, animación de modelos gráficos 2 y 3D

# Aplicación cliente: Módulo de video-asistencia

The screenshot displays a tele-rehabilitation application interface. At the top left, it shows 'Status: Connection successful.' Below this, there are three columns of data: 'Level Of Success' (0000.00), 'Repetitions' (1/10), and 'Time Sec.' (0/103.75). The main area is split into three sections: a video conference window on the left labeled 'Conferencia' showing two participants, a central 3D motion capture model of a human figure with colored markers and lines, and a control panel on the right. The control panel includes sections for 'MANUAL CONTROLS', 'THERAPY CONTROL', 'Rotation/Position', 'Full Screen', 'Video Assistance', 'Motion Capture' (with buttons for KINECT, SENSORS, and COMBINE), and 'Clinical Measure' (with a 'Start Graphics' button and a table of body parts).

Clinical Measure		
<input type="checkbox"/> Start Graphics		
Torso	Shoulder.L	Arm.L
Forearm.L	Hand.L	Shoulder.R
Arm.R	Forearm.R	Hand.R
Head	Hip.L	Thigh.L
Leg.L	Foot.L	Hip.R
Thigh.R	Leg.R	Foot.R

WebRTC

Open-source Javascript

# Aplicación cloud: bases de datos

Cédula :	<input type="text" value="0104721386"/>		
Primer Nombre:	<input type="text" value="Pablo"/>	Segundo Nombre:	<input type="text" value="Fernando"/>
Apellido Paterno:	<input type="text" value="Arbito"/>	Apellido Materno:	<input type="text" value="Chica"/>
Fecha de Nacimiento:	<input type="text" value="17/10/1991"/>	Edad:	<input type="text" value="26"/>
Sexo:	<input type="text" value="Masculino"/>		
Teléfono:	<input type="text" value="4068073"/>	Celular:	<input type="text" value="0995293390"/>
Dirección:	<input type="text" value="remigio"/>	Email:	<input type="text" value="pchica@gmail.com"/>
Especialidad:	<input type="text" value="ing"/>		
Usuario:	<input type="text" value="pchica"/>		
Contraseña:	<input type="password" value="xxxxxxxxxx"/>		

Bases de datos relacional y no relacional

MySQL (relacional) , MONGODB (no relacional), **RedCEDIA**

# Agenda

- 1 Motivación
- 2 Metodología
- 3 Evaluación y Resultados
- 4 Conclusiones y Perspectivas



# Ilustración de la adquisición de medidas clínicas



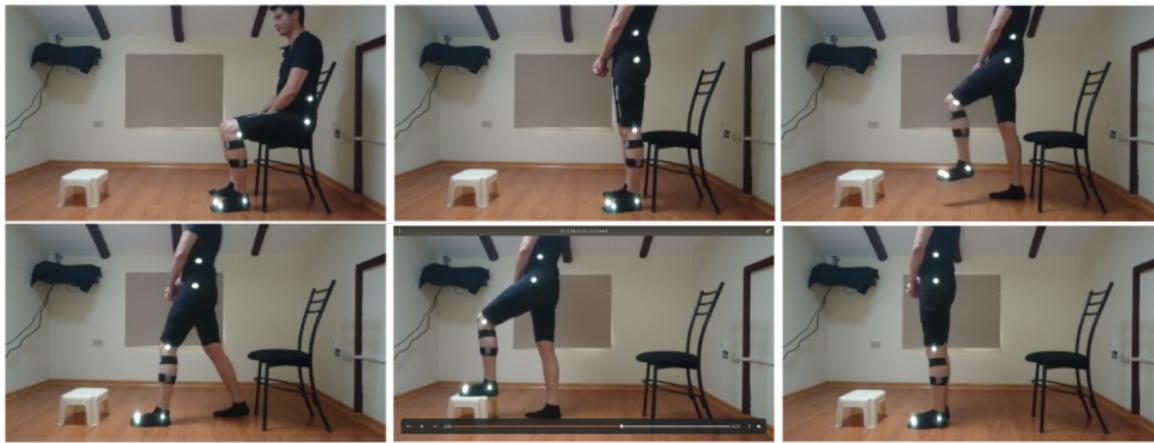
Medidas obtenidas por nuestro sistema frente al sistema óptico KINOVEA y goniómetro.

# Ilustración de la adquisición de medidas clínicas



Medidas obtenidas por nuestro sistema frente al sistema óptico KINOVEA y goniómetro.

# Evaluación y Resultados: Primera Evaluación

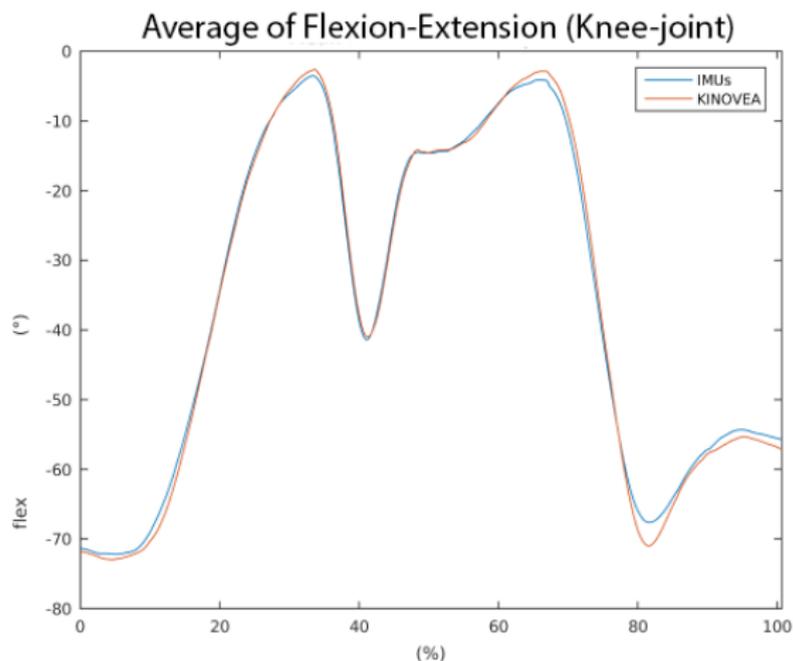


Circuito de un ciclo de marcha combinado con movimientos para flexión y extensión.

# Configuración experimental

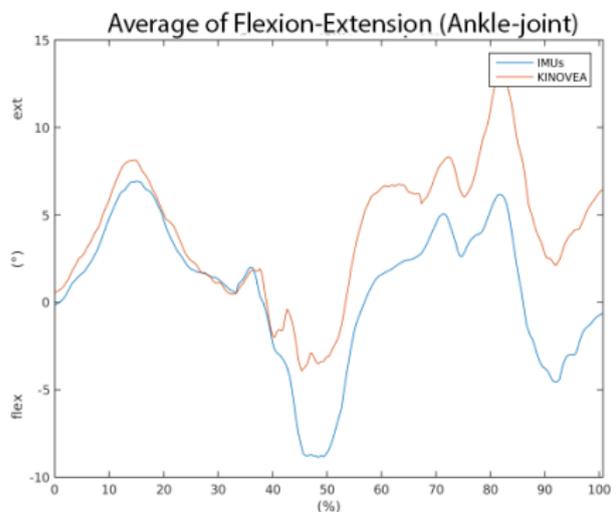
- Población
  - ▶ 10 sujetos sanos sin problemas músculo-esqueléticos (edad entre 22 y 27 años, 5 hombres y 5 mujeres)
  - ▶ Cada sujeto realizó 3 veces el mismo circuito, para asegurar la reproducibilidad de la prueba
- Los datos se evaluaron frente a un sistema óptico basado en sensores retroiluminados
- Tasa de muestreo: kinect 30Hz y XSens 40Hz
- Los datos fueron procesados por el software KINOVEA (open-source)
  - ▶ Se midieron la flexión y extensión de la cadera, rodilla y tobillo
  - ▶ La medida de similitud: Coeficiente múltiple de correlación (CMC).
- Las medidas cónicas adquiridas fueron contrastadas frente a mediciones realizadas con goniómetros.
- Multiclase Support Vector Machine algorithm

# Resultados

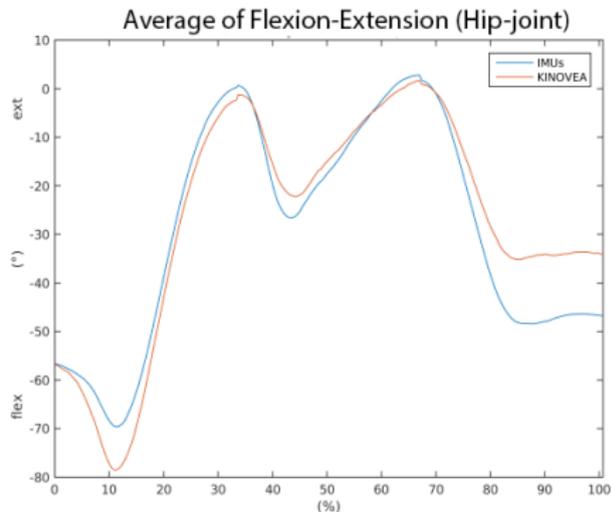


$$CMC = 0.98$$

# Resultados



(a)



(b)

$$CMC = 0.87 \text{ y } CMC = 0.97$$

# Evaluación de la plataforma: Segunda Evaluación

Evaluación y recolección de datos clínicos por las universidades participantes:

- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: Hogar “San José” - **Guayaquil, Ecuador**
- Universidad Técnica de Ambato: Facultad de Ciencias Médicas, **Ambato, Ecuador**



# Configuración experimental

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: Hogar “San José”

- 20 pacientes (10 pacientes control y 20 con trastornos de movilidad)
- Planes de terapia realizados según fases de movimiento para recuperar la movilidad y la marcha.



# Configuración experimental

## Universidad Técnica de Ambato

- 20 pacientes (10 pacientes control y 20 con trastornos de movilidad)
- Planes de terapia realizados según fases de movimiento para recuperar la movilidad y la marcha.



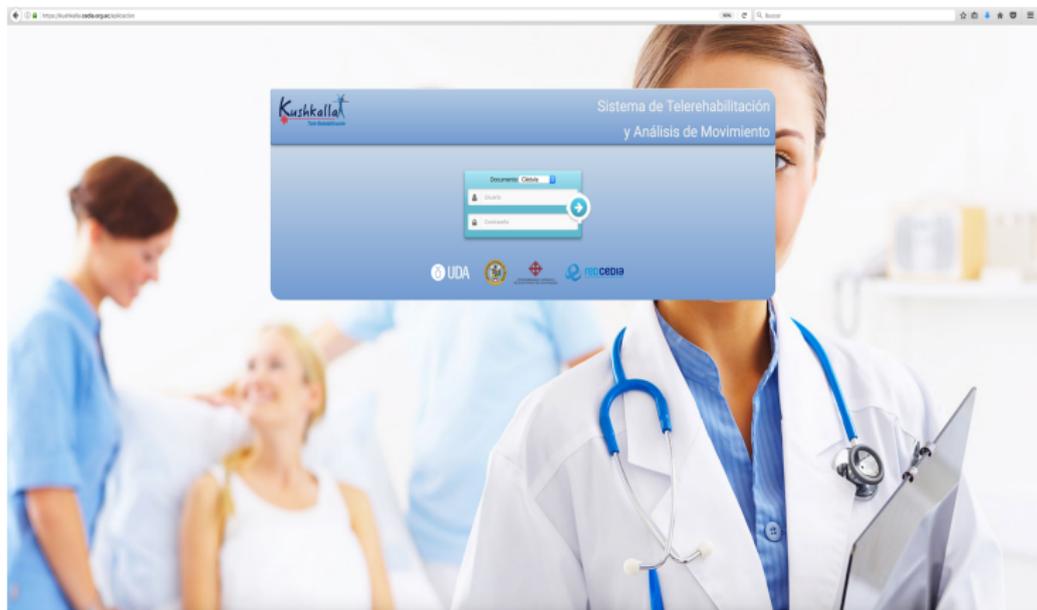
# Configuración experimental

Estado actual del proyecto:

- Recolección de datos longitudinales con intervalos de 3 meses
- Construcción de planes de terapia personalizados en cada ciudad
- Evaluación de planes de terapia personalizados para cada caso



# Producto Tecnológico: KUSHKALLA “Plataforma de telerehabilitación”



<https://kushkalla.chedia.org.ec>

- Ma. Cisne Cuenca, Diana M. Marín , Ma. Augusta Latta, Fabián Narváez: **"Physical Telerehabilitation in Latin America: a systematic review of literature, programs and projects"** , Journal of Tecnologicas, Advances In Biomedical Engineering, vol.20, n.40, pp.155-176. (2017)



# Producción Científica:

- Fabián Narváez, Fernando Árbito, Carlos Luna, Christian Merchán and María C. Cuenca, Gloria M. Díaz: **"Kushkalla: a web-based platform to improve functional movement rehabilitation"**, Technologies and Innovation. CITI 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 749. pp 194-208 (2017)



- Fabián Narváez, Fernando Arbito, Ricardo Proaño: "**A Quaternion-Based Method to IMU-to-Body Alignment for Gait Analysis**", Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management. DHM 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10917, pp 217-231 (2018)



# Trabajo en desarrollo: preparación de artículos

- “Sensor Fusion information from kinect and inercial sensor for telerehabilitation applications”, Journal Sensors... En revisión
- “A clinic evaluation of telerehabilitation programs in elderly people” ... Journal of Telemedicine and Telecare.... En revisión!!!
- “Gait measurement and quantitative analysis in patients with demential disorders” ... En preparación!!!



# Agenda

- 1 Motivación
- 2 Metodología
- 3 Evaluación y Resultados
- 4 Conclusiones y Perspectivas



## Conclusiones:

- Las medidas obtenidas por los sistemas de captura de movimiento presentaron un desempeño adecuado frente al gold standard utilizado en escenarios clínicos reales.
- Las medidas de correlación y RMSE (0.98 y  $1.7^{\circ}$ , respectivamente) han demostrado que los modelos de captura de movimiento desarrollados pueden ser usados en escenarios clínicos.
- Las herramientas computacionales son integrables y escalables para incluir cualquier tipo de tecnología debido a que se basan en código libre.
- Los planes de rehabilitación serán creados de acuerdo a medidas cuantitativas y la plataforma permitirá su validación mediante estudios longitudinales.

# Perspectivas:

- Extender la investigación para otro tipo de discapacidades
- Dar continuidad al proyecto en una **segunda fase** (buscando financiación)
- Construir grupos de trabajo multidisciplinario que integre más expertos clínicos
- Brindar servicios de telerehabilitación con instituciones prestadoras de salud para fomentar la inclusión y vinculación con la sociedad



# Perspectivas:

- Extender la investigación para otro tipo de discapacidades
- Dar continuidad al proyecto en una **segunda fase** (buscando financiación)
- Construir grupos de trabajo multidisciplinario que integre más expertos clínicos
- Brindar servicios de telerehabilitación con instituciones prestadoras de salud para fomentar la inclusión y vinculación con la sociedad



# Perspectivas:

- Extender la investigación para otro tipo de discapacidades
- Dar continuidad al proyecto en una **segunda fase** (buscando financiación)
- Construir grupos de trabajo multidisciplinario que integre más expertos clínicos
- Brindar servicios de telerehabilitación con instituciones prestadoras de salud para fomentar la inclusión y vinculación con la sociedad



# Perspectivas:

- Extender la investigación para otro tipo de discapacidades
- Dar continuidad al proyecto en una **segunda fase** (buscando financiación)
- Construir grupos de trabajo multidisciplinario que integre más expertos clínicos
- Brindar servicios de telerehabilitación con instituciones prestadoras de salud para fomentar la inclusión y vinculación con la sociedad



# Agradecimientos...



## Convocatoria CEPRA X-2016

- Equipo de trabajo:

- ▶ Universidad Politécnica Salesiana, Quito - Ecuador
- ▶ Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador
- ▶ Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador
- ▶ Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador



Gracias por su atención..!!

<https://kushkalla.cedia.org.ec>

