



Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año

Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: 2672			
Título del proyecto: Marcha asistida con un exoesqueleto: plataforma caminadora			
Facultad o Instituto Académico: Ingenierías, Salud.			
Departamento o Escuela: Eléctrica y Electrónica; rehabilitación humana.			
Grupo (s) de investigación: Control Industrial GICI, SINERGIA.			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	José Miguel Ramírez	10h/s	10h/s
Coinvestigadores	Gloria Patricia Arango	5h/s	5h/s
	José Tomás Buitrago	5h/s	5h/s
Otros participantes	Adolfo Hoyos, estudiante maestría	40h/s	40h/s
	Leidy Melissa Barona Trujillo, estudiante pregrado fisioterapia	10h/s	10h/s
	Bladimir Salas, estudiante pregrado ing. electrónica	10h/s	10h/s

1. Resumen ejecutivo:

En Colombia cerca de un 3% de personas están en situación de discapacidad con problemas para moverse o caminar. Las lesiones en las articulaciones tienen implicaciones económicas debido a los largos periodos de recuperación y consecuencias sociales si la rehabilitación no es la adecuada. Como la mayoría de los procesos de rehabilitación se realizan de forma manual, interesa el desarrollo de sistemas de soporte a la marcha en el proceso de rehabilitación. La tecnología robótica puede enseñar a las personas que tienen lesiones en los miembros inferiores o en la médula espinal a caminar a través de la repetición asistida de pasos, todos regulares y simétricos, actividad imposible de realizar sin un soporte mecatrónico. Este proyecto

1

Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

F-04-MP-06-02-02
V-02-2013

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones

desarrolla asistencia a una persona durante la marcha con un exosqueleto de miembros inferiores, al realizarla sobre una plataforma caminadora; se requiere que la velocidad de la caminadora se sincronice automáticamente con la velocidad variable promedio de la marcha del humano (disturbio principal del sistema, medible), de forma que camine en una misma posición con respecto al suelo. Para ello, se estudia el estado del arte, se analiza la marcha humana, se especifica, diseña y desarrolla la plataforma caminadora y finalmente se valida el alcance de las especificaciones. Las actividades para lograr lo anterior, se plantearon a partir de la metodología para el desarrollo de proyectos de control. La plataforma desarrollada consiste en una caminadora comercial, con sistemas de soporte para el acceso del paciente, con un control en cascada de posición y velocidad; la medida de posición es un sistema de visión artificial, con capacidad de esqueletizar la marcha del paciente; un controlador permite estabilizar el sistema de control de posición, con errores permanentes en el rango de aceptación; un sistema de adquisición de datos recibe la señal de velocidad y aplica la acción requerida en la velocidad de la banda, calculada desde un computador con un sistema de supervisión y control. El desempeño de la plataforma se validó correctamente mediante un protocolo de prueba acordado con los terapeutas, confirmando el alcance propuesto de desarrollar una plataforma caminadora sincronizada al exoesqueleto.

La investigación se orientó hacia los aspectos de la ingeniería biomédica relacionados con el manejo de discapacidades en el sistema musculoesquelético. Desde el punto de vista médico, la investigación se relacionó con las áreas de ortopedia y rehabilitación. El proyecto ha sido integrador de varias disciplinas, involucrando para su desarrollo un grupo de investigación de la ingeniería y otro de la salud, con un total de tres profesores investigadores, un estudiante de maestría, dos pregrados de fisioterapia y dos pregrados de ingeniería electrónica. Los resultados del proyecto se presentaron en un congreso internacional, en internet y en una revista indexada. A futuro se espera generar teorías y contribuciones tecnológicas en la coordinación humano-exoesqueleto-caminadora para apoyar la marcha humana, que permitan desarrollar ayudas terapéuticas para la rehabilitación de personas con problemas para la marcha.

Abstract

In Colombia about 3% of people are in disability with difficulties for moving or walking. The injuries in joints have economic implications due to long periods of recovery and social consequences if rehabilitation is not appropriate. Most of rehabilitation processes are performed manually, so, it is interesting to develop support systems for the walking rehabilitation process. Robotic technology can teach people with injuries in lower limb or spinal cord to walk through assisted repetition of steps, all regular and symmetrical, activity impossible without mechatronic support. This project develops assistance to a person walking with a lower limb exoskeleton on a treadmill platform; it is required that the speed of the treadmill automatically synchronize with the average variable rate of human walking (main system disturbance, measurable), so that walks in the same

position relative to the ground. To do this, we study the state of the art, analyses the human gait, specify, design and develop the treadmill platform and finally it is validated if it fulfill the specifications. Activities to achieve this, are raised from the control projects methodology.

The platform developed is a commercial treadmill with support systems for patient access, with a cascade position and speed control; the position measurement is an artificial vision system, capable to obtain the squeletized gait of the patient; a controller stabilizes the position control system with permanent errors in acceptable range; a data acquisition system takes the speed signal and performs the required action for the belt speed, calculated from a computer with a supervision and control system. The performance of the platform is properly validated by a test protocol agreed with therapists, confirming the proposed objective of develop a platform treadmill synchronized to the exoskeleton.

The research was oriented toward biomedical engineering aspects related to the management of musculoskeletal system disabilities. From the medical point of view, research was related to the orthopedics and rehabilitation areas. The project has integrated several disciplines involving a research group in engineering and other in health, with a total of three faculty researchers, a master's student, two undergraduate electronics engineering and two undergraduate in physiotherapy. The project results were presented at an international conference, on internet and in an indexed journal. The aim is to generate theories and technological contributions in coordinating human-exoskeleton-treadmill to support human walking, in order to develop therapeutic aids for the rehabilitation of people with trouble walking.

2. Síntesis del proyecto:

Tema

La investigación se orientó hacia los aspectos de la ingeniería biomédica relacionados con el manejo de discapacidades en el sistema musculoesquelético. Desde el punto de vista médico, la investigación se relacionó con las áreas de ortopedia y rehabilitación.

Objetivos: general y específicos

El objetivo general del proyecto fue concebir e implementar una plataforma para terapia de marcha asistida con un exoesqueleto de miembros inferiores. Para su alcance se plantearon los objetivos específicos:

1. Realizar el estado del arte sobre plataformas para la terapia de marcha asistida con caminadoras sincronizadas a exoesqueletos de miembros inferiores.
2. Analizar la marcha humana sincronizada sobre caminadora y definir el problema de control.
3. Obtener las especificaciones para el sistema.
4. Diseñar la plataforma.

5. Desarrollar la plataforma.
6. Validar y evaluar la plataforma.
7. Difundir socialmente el proyecto.

Metodología

Dado que se trata del control sincronizado de una caminadora con el exoesqueleto, se adopta la metodología para el desarrollo de proyectos de control; primero se analiza el sistema a controlar, analizando la marcha de un paciente sobre una caminadora para definir las necesidades de control, las variables de interés y el problema de control; luego se plantean las especificaciones deseadas para el sistema: por parte de los fisioterapeutas para plataformas de marcha, para el desempeño del control, los modos de control, interfaces hombre máquina, entradas, salidas y conectividad; se define también un protocolo de prueba acorde a los requerimientos de los terapeutas. Posteriormente se realiza un diseño de la solución, donde se seleccionan y compran los distintos componentes de la caminadora con sincronización de velocidad, así como la especificación de su integración hardware (mecánico y electrónico) y software (rutinas de control). Se realiza el modelado matemático del sistema y se diseña virtualmente el controlador. Se integran las partes y se pone en marcha la solución y finalmente se analiza su validez evaluando el alcance de los objetivos planteados, mediante la aplicación del protocolo de prueba.

Resultados obtenidos

El **estado del arte** lo realizaron las estudiantes de fisioterapia Melissa Barona y Viviana Chamorro en su proyecto de grado: 'Estado del arte de los requerimientos variables y parámetros de las plataformas para el entrenamiento de la marcha asistida con exoesqueletos', verlo en el anexo 1. Se realizó una amplia búsqueda bibliográfica en las bases de datos institucionales obteniéndose 30 artículos en el uso de asistentes robóticos con tecnología de asistencia adicional para la rehabilitación de la marcha sobre bandas sin fin; los artículos se clasificaron según: tipo de arnés usado, apoyo de miembros superiores, soporte de peso corporal y características de la banda. Se concluye en el análisis de la información, que el entrenamiento de marcha con exoesqueletos sobre plataforma caminadora es una intervención novedosa, segura y práctica para ser aplicada a pacientes que tengan problemas en la ejecución de la marcha.

El **análisis de la marcha humana** sobre la banda caminadora muestra que la integral de la diferencia entre las velocidades de la persona (promedia en ciclo de marcha) y de la banda, genera el desplazamiento de la posición relativa de la persona con respecto a la mitad de la banda. El **problema de control** es por lo tanto, encontrar la ley de control que ajuste automáticamente la velocidad de la banda caminadora, de tal manera que la posición del sujeto se mantenga dentro de un espacio determinado cuando el paciente camina sobre la banda a velocidad variable (disturbio principal del sistema, es medible),

en un sistema que incluya rutinas de inicio, parada, operación y señalizaciones para los distintos estados de operación del sistema. Ver detalles en la sección 1 del anexo 2.

Para el problema, los fisioterapeutas recomendaron las principales **características** de la caminadora (ver el capítulo 8 del anexo 1), barras de soporte y sobre la utilización de equipo de compensación de peso; para éste último, se plantea el desarrollo de uno automático, en la propuesta de investigación del anexo 3. Desde la ingeniería de control se **especificaron** las funciones del control automático y el desempeño para el control de la sincronización (posición y velocidad). Se especificaron dos modos de operación: velocidad constante (usual en ejercitación) y sincronización con regulación de la posición. Se especificaron igualmente las interfaces hombre máquina, entradas, salidas, conectividad y el protocolo de prueba de acuerdo a la experiencia y necesidades de los fisiatras o terapeutas. Ver detalles en la sección 2 del anexo 2.

A partir de las especificaciones se pasó al **diseño de la plataforma** caminadora y su sistema de control, ver los detalles en la sección 3 del anexo 2. Como caminadora se escogió una más pequeña que la recomendada, la LifeSpan PRO3, por limitaciones con el presupuesto disponible; también se diseñaron los sistemas de soporte, apoyo y acceso para el paciente. Se definió una arquitectura de control en cascada en donde el control de velocidad de la caminadora es el lazo interno, esclavo del control externo de posición. El control de posición cambia la referencia de velocidad de la caminadora prevista para el modo de operación a velocidad constante; sin embargo, los cambios solo son en pasos de 0.1mph , con una rata máxima de 10 veces por segundo, lo que limita el ancho de banda de respuesta del sistema de control. Como medida para el control de posición se utilizó un sistema de visión artificial, por medio del cual se capturan imágenes de la persona con el sensor Kinect de Microsoft y se extrae la información de la ubicación del paciente sobre la banda. Como en los videojuegos, el sistema de visión permite adicionalmente visualizar las posiciones de las principales articulaciones del paciente, con lo que se podrán desarrollar sistemas de realimentación al paciente, como los reportados en el anexo 1. Para el diseño del control, se modeló el lazo interno de control de velocidad como un sistema subamortiguado de segundo orden, con las alinealidades de cambio en la referencia; la validación virtual mostró inestabilidad a causa de las alinealidades, lo exigió un reajuste del mismo por simulación, lográndose estabilizar el sistema con velocidad de transitorio y precisión permanentes acordes a los especificados, los detalles del diseño virtual del control se encuentran en la sección 3.5 del anexo 2.

A partir del diseño, se procedió **a la implementación** de la plataforma; la señal del codificador de velocidad de un bit montado junto al motor de la caminadora se captura usando una tarjeta NI-USB6009, la cual también envía las señales de referencia de velocidad. Como sistema de procesamiento y supervisión de datos se utilizó un computador personal con el programa LabVIEW y una aplicación en C# para calcular la posición de la persona. Ver detalles en la sección 4 del anexo 2.

Para **validar y evaluar la plataforma** desarrollada, se probaron sus diversos componentes y se verificó la correcta operación de las funciones de señalización y modos de operación; la validación de la especificación funcional, se realizó aplicando exitosamente el protocolo de prueba acordado con los terapeutas (sección 2.7 del anexo 2). Los detalles de la validación se encuentran en la sección 5 del anexo 2.

El proyecto se **difundió socialmente** mediante una página web, presentada en el anexo 4. Igualmente, del estudio del estado del arte, se sometió el artículo: 'Técnicas de control para el balance de un robot bípedo: un estado del arte', a la revista Ingeniería Biomédica y se presentó el póster: 'Automated speed synchronization control system for a treadmill used for gait therapy' en la VIII Pan American Health Care Exchanges Conference; ver el anexo 5 de publicaciones.

Se participó en una iniciativa para conformar la red iberoamericana en ingeniería y tecnologías emergentes para la rehabilitación de personas con discapacidad motora – **IBEREHABILITA**, presentada a la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado, AUIP. La red propone un marco de trabajo interdisciplinario de cooperación internacional entre diferentes instituciones de siete países iberoamericanos, cuya temática se enfoca a la identificación, incorporación y evaluación de diversas tecnologías en los procesos de rehabilitación motora de personas afectadas en su sistema neuromuscular y que permitan potenciar las terapias físicas. La propuesta elaborada y la carta de compromiso se encuentran en el anexo 3 de propuesta de investigación.

Principales conclusiones y/o recomendaciones

- El proyecto ha sido integrador de varias disciplinas, involucrando para su desarrollo un grupo de investigación de la ingeniería y otro de la salud. Por involucrar el desarrollo de plataformas multidisciplinarias, tuvo retrasos en su culminación por las demoras institucionales en los procesos de compra y contratación de servicios técnicos. Finalmente se logró cumplir con los objetivos planteados y se desarrolló una plataforma para terapias de la marcha humana con un exoesqueleto de miembros inferiores.
- La plataforma consiste en una caminadora comercial, con sistemas de soporte, apoyo y acceso para el paciente, con un control en cascada de posición y velocidad; la medida de posición es un sistema de visión artificial, con capacidad de esqueletizar la marcha del paciente; un controlador permitió estabilizar el sistema de control de posición, aunque con una velocidad de respuesta limitada por la restricción en la rata de cambio de la referencia de velocidad; un sistema de adquisición de datos lleva la señal de velocidad y aplica la acción requerida en velocidad, calculada desde un computador con un sistema de supervisión y control.

- La plataforma desarrollada en el proyecto se utiliza en el presente para el proyecto de Colciencias 110652128248: 'Marcha asistida con un exoesqueleto', C.I. 2687, iniciado a finales del año 2012. Este proyecto tiene duración de tres años, razón por la cual no consideramos pertinente buscar en el presente una nueva financiación externa; se plantea sin embargo el proyecto 'Marcha asistida con un exoesqueleto: plataforma de contrapeso', para presentar a futuro a una convocatoria interna o externa. Adicionalmente está en evaluación la propuesta de la red iberoamericana en ingeniería y tecnologías emergentes para la rehabilitación de personas con discapacidad motora –IBEREHABILITA.

3. Productos:

Tabla No. 1. **Cantidad y tipo de productos pactados en el Acta de Trabajo y Compromiso y productos finalmente presentados**

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Productos de nuevos conocimientos				
Artículo completo publicado en revistas A1 o A2	0		0	
Artículo completo publicados en revistas B	1		1	
Artículo completo publicados en revistas C	0		0	
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	0		0	
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	0		0	
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados				
• Prototipos y patentes	0		0	
• Software	0		0	
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	1		1	
Normas basadas en resultados de investigación	0		0	
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Estudiantes de pregrado	2	2	2	2
Semillero de Investigación	1	0	1	0
Estudiantes de maestría	1	0	1	0
Estudiantes de doctorado	0	0	0	0
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas (WEB)	1		1	
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales 1	No. de ponencias internacionales 0	No. de ponencias nacionales 1	No. de ponencias internacionales 0
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		1	1

Tabla No. 2. Detalle de productos.

Tipo de producto:	Artículo de divulgación de resultados
Nombre General:	Sometido, revista Tecnura, Universidad Distrital
Nombre Particular:	Técnicas de control para el balance de un robot bípedo: un estado del arte
Ciudad y fechas:	Bogotá, 22 de Agosto del 2013
Participantes:	Sergey González, José M. Ramírez y Edna Joydeth Avella
Sitio de información:	VRI, anexo 5 de este informe http://tecnura.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revista/index
Forma organizativa	Grupo de investigación de control industrial GICI

Tipo de producto:	Propuestas de investigación para presentar en convocatorias externas
Nombre General:	'Marcha asistida con un exoesqueleto: plataforma de contrapeso'
Nombre particular:	'Marcha asistida con un exoesqueleto: plataforma de contrapeso'
Ciudad y fechas:	Cali, Septiembre de 2013
Participantes:	José Miguel Ramírez, Gloria Patricia Arango, José Tomás Buitrago
Sitio de info:	Vicerrectoría de investigaciones, anexo 3 de este informe
Formas organizativas:	Grupo de investigación de control industrial GICI Grupo de investigación en rehabilitación humana SINERGIA

Tipo de producto:	Propuestas de investigación para presentar en convocatorias externas
Nombre General:	Red iberoamericana en ingeniería y tecnologías emergentes para la rehabilitación de personas con discapacidad motora



Nombre particular	IBEREHABILITA
Ciudad y fechas:	Cali, Agosto de 2013
Participantes:	José Miguel Ramírez y Gloria Patricia Arango
Sitio de info:	Anexo 3 de este informe
Formas organizativas:	Grupo de investigación de control industrial GICI Grupo de investigación en rehabilitación humana SINERGIA

Tipo de producto:	Algoritmo de control
Nombre General:	Estrategia de control para marcha en caminadora sincronizada a un exoesqueleto
Nombre Particular:	Estrategia de control para marcha en caminadora sincronizada a un exoesqueleto
Ciudad y fechas:	Cali, Abril de 2013
Participantes:	Adolfo Hoyos y José Miguel Ramírez
Sitio de info:	PC con Scada LabVIEW- Espacio 20-34- Edificio 353
Forma organizativa	Grupo de Investigación en Control Industrial GICI

Tipo de producto:	Prototipo
Nombre General:	Caminadora sincronizada a exosqueleto para marcha
Nombre Particular:	Caminadora sincronizada a exosqueleto para marcha
Ciudad y fechas:	Cali, Septiembre de 2013
Participantes:	José M. Ramírez, Gloria Patricia Arango, José Tomás Buitrago y Adolfo Hoyos
Sitio de info:	Laboratorio GICI – Espacios 20-34 y 20-36- Edificio 353
Formas organizativas:	Grupo de investigación de control industrial GICI Grupo de investigación en rehabilitación humana SINERGIA

Tipo de producto:	Reporte de estado del arte
Nombre General:	Proyecto de grado de pregrado
Nombre Particular:	Estado del arte de las plataformas para el entrenamiento de marcha asistida con exoesqueletos
Ciudad y fechas:	Cali, Octubre de 2012
Participantes:	Leidy Melissa Barona Trujillo, Leydy Viviana Chamorro Lasso y Gloria Arango
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal- Universidad del Valle Plan de estudios de Fisioterapia- Universidad del Valle VRI, anexos 1 y 6 de este informe
Forma organizativa	Grupo de Investigación en Rehabilitación Humana SINERGIA

Tipo de producto:	Formación de recurso humano a nivel de posgrado
Nombre General:	Proyecto de grado de Maestría
Nombre Particular:	Parametrización automática de la marcha en humanos a través de un sistema de visión artificial.
Ciudad y fechas:	Cali, Octubre de 2012
Participantes:	Adolfo Hoyos y Humberto Loaiza
Sitio de info:	Programa de Posgrados en Ingeniería Eléctrica y Electrónica- Universidad del Valle, anexo 6 de este informe
Forma organizativa	Grupo de Investigación en Percepción y Sistemas Inteligentes



Tipo de producto:	Formación de recurso humano a nivel de pregrado
Nombre General:	Proyecto de grado de pregrado
Nombre Particular:	Migración del Sistema Maestro Microcontrolado de la Plataforma AT91SAM7X-EK a la Plataforma DSP OMAP-L137 EVM
Ciudad y fechas:	Cali, Agosto de 2013
Participantes:	Bladimir Salas y Asfur Barandica
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal- Universidad del Valle Plan de estudios de Ingeniería electrónica- Univalle, anexo 6 de este informe
Forma organizativa	Grupo de Investigación en Percepción y Sistemas Inteligentes

Tipo de producto:	Formación de recurso humano a nivel de pregrado
Nombre General:	Proyecto de grado de pregrado
Nombre Particular:	Estado del arte de las plataformas para el entrenamiento de marcha asistida con exoesqueletos
Ciudad y fechas:	Cali, Octubre de 2012
Participantes:	Leidy Melissa Barona, Leydy Viviana Chamorro Lasso y Gloria P. Arango
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal- Universidad del Valle Plan de estudios de Fisioterapia- Univalle, anexos 1 y 6 de este informe
Forma organizativa	Grupo de Investigación en Rehabilitación Humana SINERGIA

Tipo de producto:	Divulgación en internet
Nombre General:	Página de los proyectos sobre exoesqueletos de la Universidad del Valle
Nombre Particular:	Proyecto: Marcha asistida con exoesqueleto: plataforma caminadora.
Ciudad y fechas:	Cali, Septiembre de 2013
Participantes:	Adolfo Hoyos, Edna Avella y Eisenover Cabal
Sitios de información:	Anexo 4 de este informe; para acceso externo, la página se está migrando a un nuevo servidor, desde el actual en: http://www.univalle.edu.co/~automatica/investigacion/exoesqueleto/index.html
Formas organizativas:	Grupos de Investigación en percepción y sistemas inteligentes PSI, en control industrial GICI y en rehabilitación humana SINERGIA

Tipo de producto:	Divulgación de resultados en evento
Nombre General:	VIII Pan American Health Care Exchanges Conference
Nombre Particular:	Automated speed synchronization control system for a treadmill used for gait therapy
Ciudad y fechas:	Medellín, 29 Abril al 4 Mayo del 2013
Participantes:	Adolfo Hoyos y José M. Ramírez
Sitio de información:	VRI, anexo 5 de este informe http://www.pahce.org/
Forma organizativa	Grupo de investigación de control industrial GICI

4. Impacto actual o potencial:

En el ámbito académico, el proyecto impacta en el mediano plazo, la consolidación de los programas académicos de pregrado en ingeniería electrónica y fisioterapia, al dotar de infraestructura tecnológica y científica en el área de biotecnología, con lo que

potencia el desarrollo de actividades prácticas de laboratorio y de nuevos proyectos de grado involucrando estudiantes de estos programas. Igualmente, en caso de que la Universidad decida abrir el programa de bioingeniería, se cuenta con un soporte tecnológico en biomecánica y rehabilitación.

Esta investigación se enmarca en un programa de investigación para la marcha asistida de personas, en el cual se han ejecutado tres proyectos de convocatorias internas y uno de Colciencias; en el presente se termina el primer año de un proyecto a tres años financiado por Colciencias, en una segunda fase para la marcha del exoesqueleto de miembros inferiores sobre la caminadora; este proyecto generó dos propuestas de investigación una de ellas de red internacional de cooperación académica, lo que muestra que el programa empieza a tener alcances internacionales. Este programa de investigación ha sido un proyecto pionero en su género en la Universidad, que ha abierto las puertas al trabajo multidisciplinar entre ingenierías y salud en el área de rehabilitación, del cual sin duda se generarán muchos otros proyectos de investigación y desarrollo.

El proyecto utilizó la tecnología del sensor Kinect de Microsoft utilizado en las consolas de videojuegos XBOX 360, el cual es de muy bajo costo, conectividad vía USB y con poderosas herramientas libres de software como el SDK con controladores de software abierto y funcionalidades para la esqueletización. Adicionalmente se está explorando en el presente el uso de los teléfonos inteligentes para apoyar los procesos de rehabilitación. Con estas tecnologías ampliamente difundidas en la sociedad, se espera en el mediano plazo impactar el sector de servicios de rehabilitación, con desarrollos tecnológicos que faciliten el trabajo de los fisioterapeutas y permitan una mayor eficiencia de las terapias en la recuperación de los pacientes, al automatizar terapias repetitivas, contar con información en línea y de archivo sobre el avance de la recuperación y concebir nuevas actividades de rehabilitación. En el mediano y largo plazo, se espera que este programa de investigación, de origen a empresas innovadoras en el soporte tecnológico a la rehabilitación. La tabla siguiente resume los impactos esperados.

Impacto esperado	Plazo años	Indicador verificable	Supuestos*
Apoyo a los pregrados de ingeniería electrónica y fisioterapia	5 5	Un estudiante graduado por año por programa. Laboratorio para terapias asistidas	Financiación de proyectos para terapias asistidas
Apoyo a la Maestría en ingeniería, énfasis en automática	2 5	Un estudiante graduado, participante en el proyecto. Laboratorio para marcha asistida	Financiación de proyectos para la marcha con el exoesqueleto
Apoyo a la creación de nuevos programas de posgrado (esp. en instrumentación biomédica)	2	Programa creado	Apoyo del PPIEE



Fortalecimiento de las líneas de investigación en Control de Sistemas Biológicos y Discapacidad de los grupos GICI y SINERGIA respectivamente	5	Número de publicaciones en eventos y revistas	Recursos de movilidad para la participación en eventos
Consolidación de la infraestructura tecnológica y científica de la Universidad en de robots médicos para rehabilitación	5	Plataforma de marcha asistida con exoesqueleto	
Desarrollo de exoesqueletos para otras articulaciones	5	Exoesqueletos para brazos	Financiación de proyectos de investigación
Establecimiento de cooperación multidisciplinar entre los grupos de investigación del área de salud y los de ingeniería	5	Proyectos conjuntos Posgrados en cooperación	Financiación de proyectos de investigación. Apoyo de los posgrados en Salud e Ingenierías
Participación en redes de cooperación internacionales	5	Número de redes internacionales con participación de GICI o SINERGIA	Red financiada
Establecimiento de lazos de cooperación entre empresas del sector médico y la Universidad	5	Proyectos conjuntos	Financiación de proyectos de investigación
Transferencia tecnológica a empresas del sector médico, como fabricantes de equipos para ortopedia	10	Patentes Producto comercializado	
Consolidación de la capacidad científica de los grupos de investigación de la Universidad del Valle en el área de rehabilitación humana asistida con exoesqueleto	10	Estudiantes de pre y posgrado graduados Patentes Artículos Ponencias en eventos	Financiación de proyectos de investigación
Mejora del proceso de rehabilitación para la marcha humana	10	Duración de la rehabilitación Número de pacientes atendidos con la plataforma	Financiación de proyectos de investigación. Comercialización de la plataforma

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones