

# Development of a graphical interface with an embedded system for a prototype of the passive rehabilitation of the arm

T. A. Cortés Aguilar, B. Vergaray Manrique, J. A. Torrejón Ramírez  
Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

*Abstract— The present work focuses on the development of a graphical interface to facilitate the control of a prototype of the passive rehabilitation of the arm. Traumatic injuries involve a high cost for social security and long periods of rehabilitation for the patients. However, timely treatment with the assistance of mechatronic devices can support the work of physiotherapists in rehabilitation clinics. The application of an embedded system and a touchscreen enabled us to design an intuitive and easy-to-use HMI interface for patients or physiotherapists who interact with the rehabilitation prototype, as deduced from the statistics of the interface assessment survey. To assess the health effects of the prototype, the infrared thermography method is proposed. In the sequence of images obtained during the elbow flexion–extension routine, an increase in the vascularization process is observed. We infer that it can benefit the health recovery process.*

*Keywords– Graphical interface, embedded system, infrared thermography, passive rehabilitation.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.179>  
ISBN: 978-0-9993443-0-9  
ISSN: 2414-6390

# Desarrollo de interfaz gráfica con sistema embebido para prototipo de rehabilitación pasiva de brazo

T. A. Cortés Aguilar, B. Vergaray Manrique, J. A. Torrejón Ramírez  
Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

**Resumen**— El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una interfaz gráfica para facilitar el control de un prototipo de rehabilitación pasiva de brazo. Las lesiones traumáticas implican un gasto elevado para la seguridad social y largos periodos de rehabilitación para los pacientes. Sin embargo un tratamiento oportuno con la asistencia de dispositivos mecatrónicos puede apoyar la labor del fisioterapeuta en las clínicas de rehabilitación. La aplicación de un sistema embebido y pantalla táctil permitió diseñar una interfaz HMI intuitiva y de fácil uso para el paciente o el fisioterapeuta que interactúa con el prototipo de rehabilitación, como se deduce a partir de las estadísticas de la encuesta de evaluación de la interfaz. Para evaluar los efectos en la salud del prototipo se propone el método de termografía infrarroja. En la secuencia de imágenes adquiridas durante la rutina de flexión-extensión de codo se observa un incremento en el proceso de vascularización y se infiere que puede beneficiar el proceso de recuperación de la salud.

**Índice de Términos**— Interfaz gráfica, sistema embebido, termografía infrarroja, rehabilitación pasiva.

## I. NOMENCLATURA

HMI	Interfaz humano-maquina
MIT	Termografía medica infrarroja
SEAT	Entorno de simulación para terapia de brazo
WREX	Exoesqueleto robótico Wilmington

## II. INTRODUCCIÓN

Las lesiones traumáticas por lo general implican un elevado gasto para la seguridad social y un largo período de rehabilitación para los pacientes. Pero un tratamiento oportuno y de alta calidad puede reducir la duración y el impacto negativo en la fase de rehabilitación. Se conoce que las partes del cuerpo humano con una mejor vascularización debido a la terapia física se curan más rápidamente en comparación con aquellas que presentan una menor vascularización.

La terapia de rehabilitación se diferencia en tratamientos pasivos y activos. Los tratamientos pasivos, incluyen la manipulación ortopédica, la estimulación eléctrica, el ultrasonido y la aplicación de calor o hielo. En el tratamiento activo el paciente realiza un esfuerzo, como ejercicios terapéuticos, ejercicios con equipo especial, terapia acuática,

entre otros. En el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo, un sistema con partes mecánicas y electrónicas realiza la manipulación ortopédica en lugar de la terapia manual que lleva acabo el fisioterapeuta en el modelo tradicional. Sin embargo, el presente trabajo no busca reemplazar la labor del fisioterapeuta sino contribuir a su trabajo liberándolo de actividades rutinarias que se pueden realizar con la asistencia de una máquina.

La aplicación de dispositivos mecatrónicos en la rehabilitación reduce el tiempo, los costos y los inconvenientes por falta de disponibilidad en el servicio que ofrecen las clínicas de rehabilitación. Las investigaciones en el campo de la terapia física asistida por robots y dispositivos mecatrónicos reportan una mejora significa en el funcionamiento físico y cognitivo de los pacientes, impactando positivamente la calidad de vida relacionada con la salud.

En el presente trabajo se propone el desarrollo de una interfaz gráfica para el usuario que facilita el control de un prototipo para la rehabilitación pasiva del brazo, mediante la aplicación de una pantalla táctil controlada desde un sistema embebido electrónico, donde se configuran los parámetros de la rutina de rehabilitación. Algunas imágenes adquiridas mediante termografía infrarroja durante las rutinas de rehabilitación muestran un incremento en la vascularización y activación muscular. Se infiere que el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo tiene la capacidad de mejorar la eficacia de la terapia en beneficio del paciente.

## III. DISPOSITIVOS MECATRÓNICOS DE REHABILITACIÓN

Los robots y dispositivos mecatrónicos para terapia física se utilizan durante un programa de rehabilitación en un lapso de tiempo determinado para ayudar al paciente a recuperar su capacidad de movimiento. Estos mecanismos de interacción hombre-máquina se consideran como facilitadores de terapia robótica para pacientes con discapacidad. El objetivo principal en el campo de los robots de rehabilitación es el desarrollo de tecnologías aplicables que pueden ser fácilmente controladas por pacientes, ingenieros, terapeutas y médicos. Mejorar la eficacia de la terapia beneficia a los pacientes con problemas motrices para realizar las actividades de la vida diaria.

Los primeros robots de rehabilitación fueron desarrollados para las extremidades superiores durante la década de 1990, seguido de dispositivos para miembros inferiores y después para soporte de todo el cuerpo. En general, proporcionan algún tipo de apoyo físico y movilidad en caso de que el miembro afectado ya no sea funcional o se hubiera amputado. Los dispositivos robóticos también ayudan en ejercicios de

T. A. Cortes Aguilar [teth.cortes@itszapopan.edu.mx](mailto:teth.cortes@itszapopan.edu.mx) es académico en el Campus Zapopan del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez (Instituto Tecnológico Superior de Zapopan <http://www.itszapopan.edu.mx>), B. Vergaray Manrique y J. A. Torrejon Ramirez son estudiantes de licenciatura en Ingeniería Electrónica.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.179>  
ISBN: 978-0-9993443-0-9  
ISSN: 2414-6390

rehabilitación cuando la extremidad sigue siendo funcional pero con alguna limitación, como es el caso de pacientes con parálisis cerebral [1]. La terapia de rehabilitación motora con rutinas diarias, mediante métodos tradicionales, necesita de la instrucción frecuente, guiada manualmente por un fisioterapeuta, lo cual, requiere dedicar un tiempo y un esfuerzo significativo. Los dispositivos de entrenamiento robótico son ampliamente utilizados en las terapias de rehabilitación para mejorar la curación de extremidades superiores en pacientes [2], por ejemplo:

El dispositivo ARMin-II ayuda en el entrenamiento repetitivo con pacientes que han sufrido parálisis en los brazos, debido a posibles daños en el sistema nervioso central [3].

El prototipo The Driver's Simulation Environment for Arm Therapy SEAT es un dispositivo de rehabilitación desarrollado para probar la eficacia del ejercicio manual iniciada por el paciente y fomentar la participación activa de la extremidad hemipléjica [4].

T - WREX es una versión de tamaño adulto del exoesqueleto robótico Wilmington WREX, que es una órtesis de cinco grados de libertad que contrarresta el peso del brazo utilizando bandas elásticas [5].

El exoesqueleto Gannon para la Rehabilitación del brazo GEAR es una máquina diseñada para ayudar en la rehabilitación de los movimientos funcionales primarios del brazo. Cuando el paciente está sentado, se conecta al dispositivo a través de un manguito acolchado atado en el codo. Un conjunto de resortes se utilizan para mantener la estabilidad del sistema y ayudar a levantar el brazo [6].

Algunas investigaciones [7,16] muestran que sesiones diarias de 45 minutos con más de 1,000 movimientos, en el análisis de una muestra de alrededor de 60 pacientes revela que en un mes de rehabilitación intensiva se logra una recuperación significativa para pacientes con discapacidad motora de moderada a severa. El uso de robots para terapia física se asocia con la reducción del tiempo, costos y los inconvenientes por falta de disponibilidad en el servicio que ofrecen las clínicas de rehabilitación. La terapia física asistida por dispositivos mecatrónicos mejora significativamente el funcionamiento físico y cognitivo de los pacientes, impactando positivamente la calidad de vida relacionada con la salud.

#### A. Sistema embebido y pantalla táctil

El desarrollo de la interfaz gráfica de usuario para el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo se implementó una tarjeta Arduino Mega. El sistema Arduino de código abierto es una tarjeta de desarrollo electrónico que tiene un microprocesador y es ampliamente usada para el prototipado rápido de proyectos en ingeniería electrónica. Por otro lado la implementación de la tecnología de pantallas táctiles facilita la operación de equipos a través de interfaces humano-máquina HMI intuitivas y sencillas de usar. Algunos estudios

para interfaces táctiles con pacientes y adultos mayores muestran una aceptación del 98% como muy fáciles de usar [14]. La implementación de este tipo de interfaz ha demostrado que facilita el control de sillas de ruedas para personas con discapacidad [8] y el control de exoesqueletos robóticos para pacientes con lesiones de columna [15].

#### IV. TERMOGRAFÍA INFRARROJO MÉDICA

En el presente trabajo las imágenes de Termografía Infrarroja Médica (*Medical Infrared Thermography*, por sus siglas en inglés MIT) muestran los beneficios a la salud de usar el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo. MIT es una tecnología que no emite radiación y no requiere contacto, es aplicada para observar las funciones fisiológicas relacionadas con el control de la temperatura de la piel. La eficiencia, seguridad y bajo costo de la MIT, la convierten en una herramienta auxiliar útil para localizar anomalías térmicas caracterizadas por el incremento o disminución de la temperatura en la superficie de la piel. Las investigaciones sugieren que la aplicación más útil de la MIT es el diagnóstico de lesiones [9]. Cabe señalar que el ser humano emite radiación infrarroja de  $10\mu\text{m}$  de longitud de onda a  $36.5^\circ\text{C}$  de temperatura, además la piel humana posee un factor de emisividad cercano a 0.95, conveniente para la aplicación de la termografía infrarroja.

La relación entre los cambios en la temperatura y la enfermedad es casi tan antigua como la propia medicina. Hipócrates dijo: "Si una parte del cuerpo es más caliente o más fría que el resto, entonces, la enfermedad está presente en esa parte". Para la adquisición de imágenes térmicas médicas se ha desarrollado una nueva generación de cámaras de alta resolución, software adecuado y protocolos estandarizados lo que resulta en una mejor capacidad y fiabilidad en el diagnóstico. En 1987, la Asociación Médica de Estados Unidos reconoció la MIT como una tecnología posible para el diagnóstico de lesiones. Algunos estudios señalan que la termografía infrarroja es sensible y objetiva en procedimientos de investigación para la evaluación unilateral y bilateral en lesiones de codo de tenista [10], para la detección de la enfermedad de reflujo gastroesofágico [11] y para medir la eficacia en tratamientos anti-inflamatorio [12]; también sirve como una técnica de imagen no invasiva para determinar cambios de rigidez en tejidos y asociar valores de rigidez respecto a una patología o como resultado de una terapia [13]. Entre las diversas ventajas de la termografía se mencionan: a) técnica no invasiva, b) técnica de fácil y cómodo reconocimiento, c) tiempo de examen mínimo, 2-3 minutos en promedio, d) técnica no costosa, e) diferencia obvia en los cambios de color, gradientes de hasta  $-0.05^\circ\text{C}$  y e) su respuesta en tiempo real permite una exploración muy ágil de objetivos fijos y captura rápida de la evolución de patrones térmicos.

#### V. METODOLOGÍA

El prototipo de rehabilitación pasiva es un sistema mecatrónico constituido por cuatro partes principales para su funcionamiento: 1) Interfaz gráfica de usuario HMI implementada en una pantalla táctil mediante un sistema

embebido mediante una tarjeta de desarrollo Arduino Mega. 2) Circuito auxiliar para el controlador del motor a pasos. 3) Controlador del motor a pasos, y 4) Disco rotativo conformado por un engrane y un tornillo sin fin acoplado al motor a pasos, ver Fig. 1.



Fig. 1. Esquema de las 4 partes principales que integran el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo. 1) Interfaz gráfica de usuario implementada en pantalla táctil mediante sistema embebido, 2) Circuito de control de la velocidad del motor a pasos, 3) Controlador de potencia del motor a pasos y 4) Disco rotativo conformado por engrane y tornillo sin fin acoplado al motor a pasos.

El circuito auxiliar para el controlador del motor a pasos realiza tres funciones, ver Fig. 2. Generar la señal de la frecuencia de pulsos para el motor a pasos mediante un circuito multivibrador astable. Detectar el ángulo o posición del disco rotativo mediante un circuito comparador que recibe una señal desde un sensor de reflexión óptica CNY70. Un circuito de compuertas lógicas para dirigir la señal de paro hacia el controlador del motor a pasos.

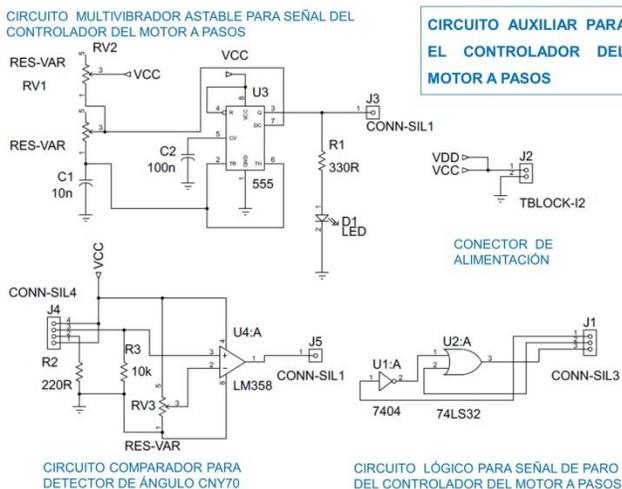


Fig. 2. Diagrama electrónico del circuito auxiliar para el controlador del motor a pasos, conformado por un circuito multivibrador astable para la señal de frecuencia de pulsos del motor a pasos, circuito comparador para detectar ángulo o posición del disco rotativo desde un sensor de reflexión óptica CNY70, circuito lógico para la señal de paro del controlador del motor a pasos y conector de alimentación de voltaje.

En la Fig. 3 se muestra el diseño de la tarjeta de circuito impreso del circuito auxiliar para el controlador del motor a

pasos, de 50mm de alto por 100mm de ancho en sus dimensiones.

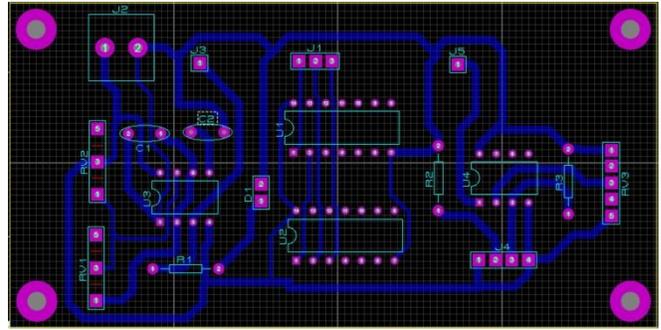


Fig. 3. Diseño de la tarjeta de circuito impreso para el circuito auxiliar para el controlador del motor a pasos, dimensiones de 50mm de alto por 100mm de ancho.

El funcionamiento del prototipo de rehabilitación pasiva de brazo se controla desde el sistema embebido de acuerdo al diagrama de flujo descrito en la Fig. 4.

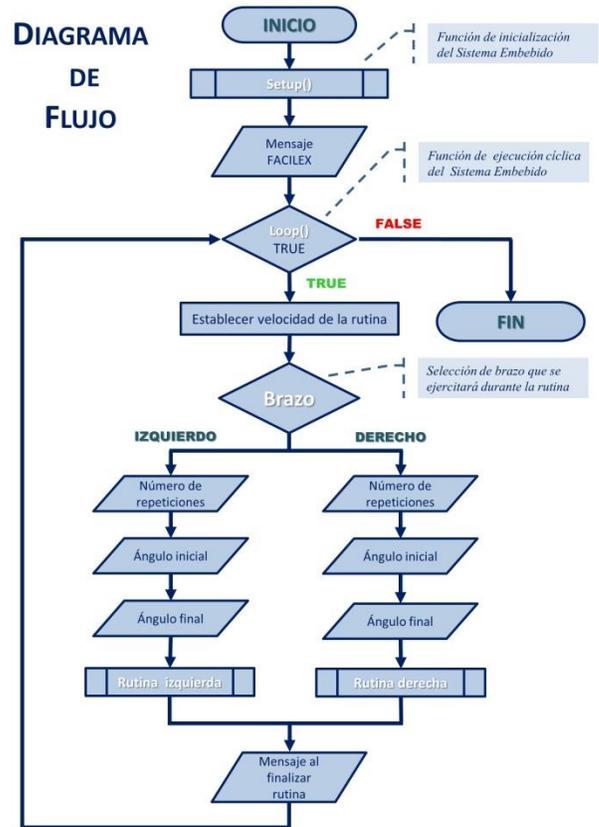
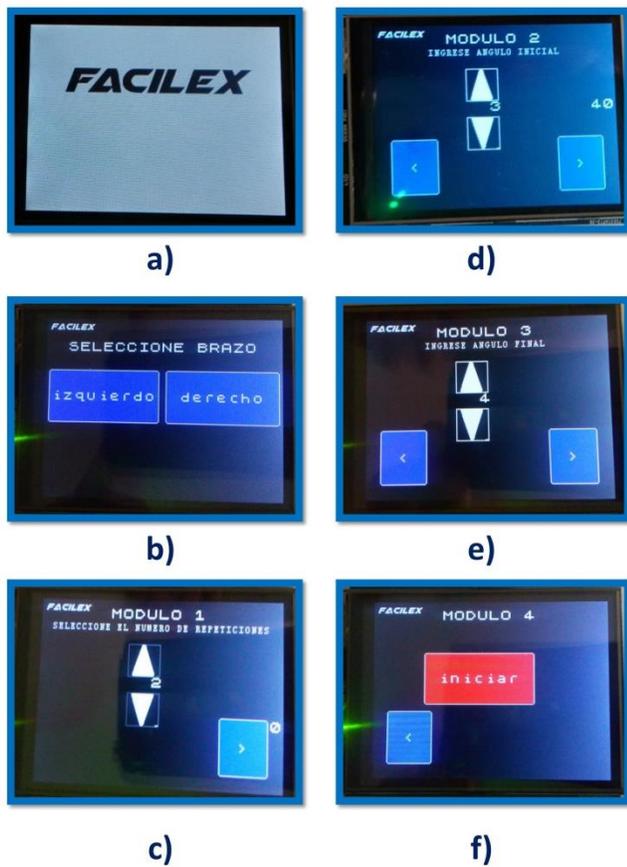


Fig. 4. Diagrama de flujo implementado en el sistema embebido para el desarrollo de la interfaz gráfica y control del prototipo de rehabilitación pasiva de brazo.

Después de energizar y encender los componentes electrónicos, el sistema embebido ejecuta la función *setup* que inicializa el sistema. Una ventana con el mensaje FACILEX se despliega en la pantalla táctil, ver inciso a) de la Fig. 5, durante 5 segundos. A continuación el sistema embebido ejecuta la función cíclica *loop* para la operación continua entre

pacientes con rutina de rehabilitación. Primero se determina la velocidad a la cual se realizará la rutina, este parámetro y los siguientes lo debe establecer el fisioterapeuta o medico según el diagnóstico clínico. Después se selecciona el brazo, ver inciso b) de la Fig. 5. Se indica el número de repeticiones de la rutina de rehabilitación, ver inciso c) de la Fig. 5. Posteriormente la interfaz gráfica despliega las imágenes de los incisos d) y f) de la Fig. 5 para establecer el ángulo inicial y final de la rutina respectivamente. Configurado el prototipo en los parámetros de la rutina de rehabilitación el usuario oprime el botón iniciar, inciso e) de la Fig. 5 y el disco rotativo comenzara a girar. Cuando la rutina concluye, la interfaz gráfica muestra un mensaje de finalización y retorna a la opción de selección de brazo.



Para evaluar la interfaz gráfica se realizó una encuesta entre 28 personas seleccionadas, con experiencia en la aplicación de interfaces graficas de usuario en el campo de la ingeniería en electrónica e ingeniería en sistemas computacionales, El 100% de los entrevistados considera la tecnología táctil más fácil de usar que otras basadas en monitor y teclado e interfaces construidas con elementos electromecánicos. Se consideran como nativos digitales al 53.6% de los entrevistados que tiene entre 15 y 25 años y están familiarizado con la aplicación de la tecnología táctil. Las siguientes poblaciones se consideran inmigrantes digitales por

ser actores de la transformación y asimilación de la tecnología táctil, comprenden el 21.4% entre 25 y 35 años, el 14.3% entre 35 y 45 años y 10.7% para más de 45 años de los entrevistados.

La adquisición de la imagen térmica durante la rutina de rehabilitación de codo se muestra en la Fig. 6. Con el prototipo apagado se instala el accesorio para rehabilitación de codo en el disco rotativo. El diseño del prototipo permite que también se pueda instalar un accesorio para rotación y pronosupinación de la muñeca y abducción del hombro. Después se enciende el prototipo y se introducen los parámetros de la rutina conforme al procedimiento descrito en la diagrama de flujo de la Fig. 4. Durante la ejecución de la rutina de adquieren las imágenes térmicas de forma secuencial. En la sección de resultados del presente trabajo se propone un análisis de las imágenes térmicas para la rutina de rehabilitación pasiva de flexo-extensión del codo.



Para la adquisición de las imágenes térmicas se utilizó una cámara termografía FLIR E50, con detector de 240x180 pixeles, rango de temperatura de -20 a 650°C, rango espectral de 7.5 a 13µm, sensibilidad térmica de <math><0.05^{\circ}\text{C}</math> a 30°C y parámetros configurables; en emisividad 0.95, en temperatura aparente reflejada 20°C, temperatura ambiental 28°C, distancia al objeto 2mts. y humedad relativa del 20%.

## VI. RESULTADOS

El presente trabajo propone que el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo, sea fácilmente controlado por pacientes, fisioterapeutas y médicos. En consecuencia se desea que la interfaz gráfica de usuario sea intuitiva y aceptable en sus elementos gráficos. Para la evaluación del prototipo la aplicación de la termografía infrarroja aporta evidencia del efecto positivo por incremento en la vascularización en la rutina de flexión-extensión de codo. Para una segunda etapa de desarrollo, estos resultados demuestran que el prototipo de rehabilitación pasiva de brazo es factible de someterlo a su evaluación como equipo en clínicas de rehabilitación.

En la Fig. 7 se muestran los resultados de la encuesta para los elementos gráficos, letra y combinación de colores de la interfaz gráfica. Se observa que la mayoría de los entrevistados asigna una calificación como buena. En la combinación de colores, el 55.2% la califica como buena, el 24.1% como excelente, el 17.2% como regular y el 3.4% como mala. En la tipografía, tamaño y color de la letra, el 57.1% la califica como buena, el 17.9% como excelente, el 17.9% como regular y el 7.1% como mala. En la claridad y función de los elementos gráficos como botones el 39.3% la califica como buena, el 32.1% como excelente, el 28.6% como regular y 0% como mala. Cabe señalar que el 75% de los entrevistados calificó la interfaz como prototipo en fase de mejora y el 25% la calificó como producto apropiado para el consumidor.



Fig. 7. Resultados de la calificación para los elementos gráficos, letra, y combinación de colores en la interfaz gráfica.

En la Fig. 8 se muestran los resultados de la encuesta sobre la característica intuitiva de la interfaz gráfica. El 50% califica la interfaz como intuitiva y señala que no requiere de ayuda. El 39.3% la califica como intuitiva pero requiere analizar la función de sus elementos. El 10.7% señala que necesita una capacitación previa al uso de la interfaz. Ninguno de los entrevistados califica la interfaz como no intuitiva o difícil de usar.



Fig. 8. Resultados de la encuesta sobre la característica intuitiva de la interfaz gráfica.

Para la evaluación de prototipo se aplicó la termografía infrarroja. En la secuencia de imágenes térmicas de la Fig. 9, se observa que conforme se incrementa el número de repeticiones o duración de la rutina de flexo-extensión de codo, existe un aumento en la vascularización a través de los conductos de los vasos sanguíneos; remarcados en color claro

al inicio de la rutina y después en color rojo cuando pasan el límite de 35.7°C. Se infiere que el incremento en la irrigación sanguínea es el principal efecto que se observa durante la rutina de rehabilitación y que en consecuencia puede beneficiar el proceso de curación de un paciente.

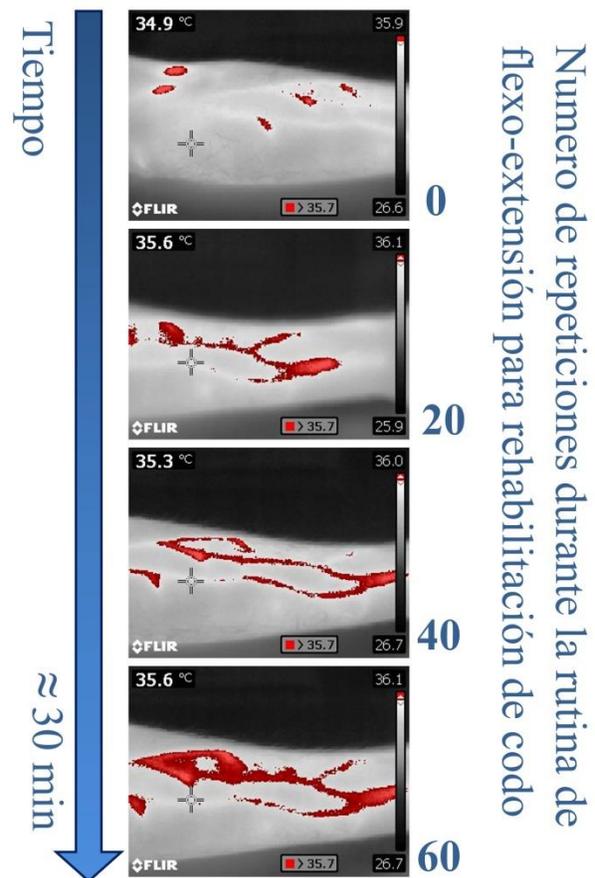


Fig. 9. Secuencia de imágenes térmicas durante la rutina de flexo-extensión para codo

La aplicación de la termografía infrarroja durante la rutina de rehabilitación es independiente del funcionamiento del prototipo y no afecta al paciente. El análisis cualitativo de las anomalías en la secuencia de imágenes térmicas permite obtener información útil sobre el efecto de la rehabilitación.

## VII. CONCLUSIONES

La implementación de una interfaz gráfica, mediante un sistema embebido y una pantalla táctil le permite al usuario controlar intuitivamente el prototipo de rehabilitación. En esta primera etapa de desarrollo los elementos gráficos, letras y combinación de colores de la interfaz gráfica, fue calificada, según los resultados de la encuesta realizada, como buena o excelente.

Se aplicó la termografía infrarroja para evaluar los efectos del prototipo de rehabilitación pasiva durante la rutina de flexo-extensión de codo y a partir de la secuencia de imágenes térmicas se infiere que el incremento en la vascularización es el principal factor que en consecuencia puede beneficiar el proceso de recuperación del paciente.

Como trabajo futuro, para una segunda etapa de desarrollo, se someterá el prototipo a su evaluación en una clínica de rehabilitación, se realizarán las mejoras sugeridas y se promoverá como equipo para transferencia de tecnología al sector industrial.

### VIII. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional del México y en lo particular al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, así como al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco por el financiamiento otorgado a través de la convocatoria PROVEMUS 2015 para la realización del presente proyecto.

### IX. REFERENCIAS

- [1] F. Yakub, Md. A. Z. Khudzairi, Y. Mori, "Recent trends for practical rehabilitation robotics, current challenges and the future". *International Journal of Rehabilitation Research*, vol. 37, issue 1, pp.9-21, March 2014
- [2] J. Wang, Y. Li, "A Cooperated-Robot Arm Used for Rehabilitation Treatment with Hybrid Impedance Control Method", *Intelligent Robotics and Applications*, vol. 6425, pp.451-462, November 2010.
- [3] C. H. Guzmán Valdivia, A. Blanco Ortega, M. A. Oliver Salazar, "Entendiendo la Mecatrónica en la Rehabilitación" en *X Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico*. Cuernavaca, Morelos, México, 2013.
- [4] M. J. Johnson, et. al. "Design and Evaluation of Driver's SEAT: Simulation environment for upper limb stroke therapy". *Robotica*, vol. 21, issue 01, pp.13-23, January 2003
- [5] R. Sanchez, et. al., "Monitoring functional arm movement for home-based therapy after Stroke". *Engineering in Medicine and Biology Society, 26th Annual International Conference of the IEEE*, vol. 2, pp. 4787-4790, September 2004
- [6] D. Piovesan, et. al., "Gannon Exoskeleton for arm Rehabilitation (G.E.A.R)". *ASME 2015 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, vol. 3, Houston, Texas, USA, November 2015
- [7] L. Marchal Crespo, J. Schneider, L. Jaeger, R. Riener, "Learning a locomotor task: with or without errors?" *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 11, issue 25, pp.17-21, March 2014
- [8] V. G. Posugade, K. K. Shedje, C. S. Tikhe, "Touch-Screen Based Wheelchair System", *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 2, issue 2, pp. 1245-1248, March 2012
- [9] C. Hildebrandt, K. Zeilberger, E. F. J. Ring, C. Raschner. *The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine, An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury*. InTech Ed., February 2012, pp. 257-268.
- [10] D. Thomas, G. Siahamsi, M. Marion, C. Boyle, "Computerised infrared thermography and isotopic bone scanning in tennis elbow". *Annals of the Rheumatic Diseases*. vol. 51, issue 1, pp. 103-107, July 1992
- [11] H. J. Park, et. al., "Digital Infrared Thermographic Imaging in Patients with Gastroesophageal Reflux Disease". *Journal of Korean Medical Science*. vol. 13, issue 3, pp. 281-291. June 1998
- [12] S. D. Sikdar, et. al., "Thermography: A new Diagnostic Tool in dentistry", *Journal of Indian academy of oral medicine and radiology*. vol. 22, Issue 4, pp. 206-210. December 2010

- [13] T. Varghese, J. A. Zaqzebski, G. Frank, E. L. Madsen, "Elastographic Imaging Using a Handheld Compressor", *Ultrasonic Imaging*, vol. 24, issue 1, pp.25-35. January 2002
- [14] J. Buxton, M. White and D. Osoba, "Patients experiences using a computerized program with a touch-sensitive video monitor for the assessment of health-related quality of life", *Quality of life*, vol. 7, pp.513-519. September 1998
- [15] K. A. Strausser, J. Kazeroni "The development and testing of a human machine interface for a mobile medical exoskeleton", *International Conference on Intelligent Robots and Systems IRO*, December 2011.
- [16] J. Nilsson, G. Maffi, B. Tommolillo, G. Grieco "Robot-aided neurorehabilitation: Monitoring the effect of robot-assisted training on hand and elbow-shoulder movements by means of quantitative robot derived kinematic measurements", *30th International Congress of Clinical Neurophysiology*, Berlin, March 2014

### X. AUTORES



**Teth Azrael Cortés Aguilar**, nació en Guadalajara, Jalisco, México, el 5 de Enero de 1980. Recibió su grado de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica por la Universidad de Guadalajara en 2003. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Óptica con orientación en Optoelectrónica en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE en 2005. Desde 2007 es profesor investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan. Es miembro de la Asociación Mexicana de Software Embebido AMESE. Está certificado como termógrafo nivel I por Infrared Training Center. En 2015 recibió la condecoración al Merito Técnico de 1/a Clase por el proyecto titulado Sistema de Detección por medio de Imágenes Térmicas de la Secretaría de la Defensa Nacional.



**Bruno Vergaray Manrique**, Nació en Lima, Perú el 29 de abril de 1992. Naturalizado mexicano desde el año 2015. Es estudiante de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan. Obtuvo el tercer lugar en la Etapa Regional del Evento Nacional de Innovación Tecnológica 2014 organizado por el Tecnológico Nacional de México. Ha participado en proyectos multidisciplinarios de emprendimiento como Jalisco al 100% y Startup Weekend. En 2015 participó en el concurso CANSAT organizado por la Universidad de Guadalajara.



**Jorge Arturo Torrejón Ramírez**. Nació en Tepatitlán de Morelos, México. Es estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Zapopan. Obtuvo el tercer lugar en la categoría de servicio de la Etapa Regional del Evento Nacional de Innovación Tecnológica 2014. Fue becario en el curso Técnico en fabricación de ensamblados. Trabajó en la empresa FLEXTRONICS GDL planta Norte del 2014 al 2015 en el proyecto Kumla de Radio Frecuencia. Ha asistido a eventos académicos como: MIT Forum Enterprise México 2014, 27º congreso nacional ADIAT 2015 sobre Ecosistemas de Innovación y Emprendimiento, Hackaton 2015 patrocinado por Intel y Campus Party 2016.