

# CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## IMPRESIÓN DE INFORME TÉCNICO

<b>Revisión de Informe Técnico</b>	
<b>Fondo:</b>	S0008- FONSEC SSA/IMSS/ISSSTE
<b>Solicitud:</b>	000000000201590- Desarrollo de un equipo electr
<b>Etapas:</b> 006	PRUEBAS DE HOSPITAL DEL INSTRU
<b>Título:</b>	Desarrollo de un equipo electr
<b>ID Usuario:</b>	X_lleija2348
<b>Nombre:</b>	Lorenzo Leija Salas
<b>formato:</b>	SC_GPOITECN2 INFORME TÉCNICO PARCIAL DE AVANCE
<b>Fecha de Envío:</b>	22-JUL-17
<b>Reporte de Informe Técnico</b>	
<b>Sección:</b>	<b>SC_SEC05</b>
<b>Pregunta:</b>	<i>METAS COMPROMETIDAS</i>
<b>Respuesta:</b>	: En esta última etapa se valorará el prototipo de instrumento en el hospital. Para esto se aplicarán rigurosamente los procedimientos de operación ya diseñados en la anterior etapa, aplicando las correcciones derivadas de la etapa piloto anterior. Se seleccionará un grupo de paciente voluntarios y se les harán las pruebas de una consulta de rutina. Los datos de cada paciente así como la medición de cada una de sus características serán guardadas en la base de datos prevista para cada paciente. Los resultados de funcionamiento se valorarán con los métodos estadísticos tradicionales. Se elaborarán los informes técnicos de cada uno de los módulos y se hará un informe general del proyecto para ser presentado al fondo Conacyt-Salud. Se tiene previsto en esta etapa la graduación de un estudiante de Maestría y dos estudiantes de doctorado. También se espera la publicación de resultados en al menos una revista indexada. Para cerrar el proyecto se tendrá un taller abierto con los investigadores participantes en donde se expondrán cada uno de los módulos, su justificación técnica y resultados. Se presentará la memoria general del proyecto en un CD-ROM.
<b>Pregunta:</b>	<i>METAS ALCANZADAS</i>
<b>Respuesta:</b>	Los prototipos instrumentales se han probado en 25 pacientes con diabetes, a cada paciente se le practicó un protocolo de diagnóstico médico y la medición de glucosa y de hemoglobina glucosilada (Ilse-Protocolo de medicion-resultados.pdf, REGISTRO DE ÚLCERAS PIE DIABÉTICO-INR.pdf). En cada consulta cada uno, de ellos firmó una carta de consentimiento de aceptación de que se medirían con instrumentos no invasivos, los instrumentos prototipo descritos en el presente documento. Los instrumentos usados fueron de temperatura, imagen del pie y de impedancia eléctrica de los tejidos del pie (Ilse-Protocolo de medicion-resultados.pdf), la temperatura se midió con 2 técnicas con sensores de termopar (Tesis Maestría FELM.pdf )y con una cámara de imágenes infrarroja (IR) (Tesis_Usiel_Omar_2015). Se tiene también en prototipo el diseño de un medidor diferencial de flujo de sangre, en desarrollo un medidor de elasticidad de la piel-músculo del pie diabético. Estos instrumentos serán colectados en un concentrador de información digital, encargado de almacenar la información (IlseATA-Tesis.pdf). Los

datos digitales de los instrumentos serán comparados con el diagnóstico clínico del médico con técnicas de inteligencia artificial (tesis en desarrollo Predoctoral-Maq-aprendiabetes-HML.pdf, reporte de avance-HectorML.pdf ), El sistema concentrador tiene un programa controlador en una página web que coleccionará los diagnósticos y datos digitales de los instrumentos prototipos en Red, así como otros instrumentos que se agreguen (Ilse- ProtocoloDoctorado.pdf, Ilse-Presentación\_Plataforma\_WEB.pdf). El proyecto y su relación con el servicio de atención al paciente del INR, ayudó a que la dirección del INR promoviera la creación de una clínica de atención al pie diabético, proyecto en curso y del cual los miembros de este proyecto somos parte.

PRODUCTOS DEL PROYECTO

Revistas indexadas Cinthya Toledo, Francisco José Ramos, Arturo Vera, Lorenzo Leija, Josefina Gutierrez. Pilot Study of the Correlation between Skin Macules & Manifestations and Variables related to the Patient with Diabetes: Preliminary Findings. Aceptación con registro numero TR-2016-SI-04-010593. Transylvanian Review ISSN 1221-1249 E. Carrillo, A. Jiménez, E. Moreno, L. Leija, A. Vera y A. Ramos. Doppler ultrasonic system for flow measurement in patients with diabetic foot using reconfigurable logic and wishbone architecture, Revista Cubana de Física, Volumen 33, No. 2, 2016

PUBLICACIONES EN EXTENSO EN CONGRESOS INTERNACIONALES

1. Rafael Bayareh, Arturo Vera, Lorenzo Leija and Mario Ibrahim Gutierrez. Simulation of the Temperature Distribution on a Diabetic Foot Model: A First Approximation. 13th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), Ciudad de México del 26 al 30 de Septiembre de 2016. ISBN 978-1-5090-3510-6, DOI: 10.1109/ICEEE.2016.7751220. Pp: 1-5
2. Claire Closset, Arturo Vera, Josefina Gutiérrez-Martínez. A Comparison Between French and Mexican Technovigilance Process. 13th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), Ciudad de México del 26 al 30 de Septiembre de 2016. ISBN 978-1-5090-3510-6, DOI: 10.1109/ICEEE.2016.7751220. Pp: 1-4
3. Ruvalcaba, R. Muñoz, A. Vera y L. Leija, Design and test of a dry electrode array implemented on wearable sEMG acquisition sleeve for long term monitoring. 2017 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE / PAHCE), March 2025, 2017, Chiapas, México. ISBN: 978-1-5386-1518-8, IEEE CATALOG NUMBER: CFP1718G-CDR, PP: 111-115
4. Ernesto Carrillo Barroso, Antonio Jiménez Cañas, Eduardo Moreno Hernández, Lorenzo Leija Salas, Arturo Vera Hernández, Antonio Ramos Fernández. Doppler ultrasonic system for flow measurement in patients with Diabetic Foot using reconfigurable logic and Wishbone architecture. 2017 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE / PAHCE), March 2025, 2017, Chiapas, México. ISBN: 978-1-5386-1518-8, IEEE CATALOG NUMBER: CFP1718G-CDR, PP: 54-59
5. R. Bayareh-Mancilla, A. Vera-Hernández, L. Leija-Salas, A. Ramos, J. Gutierrez-Martínez. Characterization of a Longwave Infrared Imager for the Telemetric Measurement of Human Skin Temperature of Diabetic Foot. 2017 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE / PAHCE), March 2025, 2017, Chiapas, México. ISBN: 978-1-5386-1518-8, IEEE CATALOG NUMBER: CFP1718G-CDR, PP: 70-74.

ESTUDIANTES GRADUADOS Y POR GRADUAR

CON TRABAJOS DEL PROYECTO DIABETES MAESTRÍA

Nombre del Estudiante: Ilse Anahí Torres Arredondo Título de la Tesis: ¿Concentrador de Información y Puesta a Punto de Diferentes Instrumentos Orientados a la Detección Temprana de las Complicaciones de Pie Diabético?. Especialidad: Ingeniería Eléctrica Director de Tesis: Dr. Arturo Vera Hernández y Dr. Lorenzo Leija Salas Fecha de Obtención de Grado: Diciembre 2016. Nombre del estudiante: Rafaél Bayareth Mancilla Título de la tesis: Propuesta de un sistema para la detección temprana del pie diabético y su evolución mediante la termografía infrarroja, teniendo como base un sensor de imagen en IR. Especialidad: Ingeniería Eléctrica Director de Tesis: Dr. Lorenzo Leija Salas y Dra. Josefina Gutiérrez Fecha de Obtención de Grado: Octubre 2017 Doctorado en curso Nombre del Estudiante: Héctor Maldonado Loyo Título de la Tesis: Propuesta de un sistema inteligente de prediagnóstico del estado de salud del pie diabético con la interpretación de mediciones físicas de diferentes efectos en los tejidos del pie y la interpretación del diagnóstico del médico tratante. Especialidad: Ingeniería Eléctrica Director de Tesis: Dr. Lorenzo Leija Salas y Dr. Arturo Vera Hernández Fecha de Obtención de Grado: Diciembre 2019. Nombre del Estudiante: Ilse Anahí Torres Arredondo Título de la Tesis: Proponer un sistema electrónico que haciendo uso de parámetros físicos de los tejidos de un paciente, proponga al médico un diagnóstico precoz del estado de salud de pacientes con riesgo de padecer pie diabético. Especialidad: Ingeniería Eléctrica Director de Tesis: Dr. Lorenzo Leija Salas y Dr. Antonio Ramos Fecha de Obtención de Grado: Diciembre 2021. REGISTRO DE PROPIEDAD INTELECTUAL Registro de Derechos de Autor; Autores; Leija Salas Lorenzo, Ramos Becerril Francisco José, Toledo Peral Cinthya Lourdes, Gutierrez Martínez Josefina, Vera Hernández Arturo. Sistema de caracterización de máculas de pie diabético, Rama Programas de Computación. Número de registro: 03-2017-071912253000-01, fecha: 19 de julio. CURSOS Y CONFERENCIAS: ¿ Participación de Lorenzo Leija y Josefina Gutiérrez con el tema; Equipo para evaluar el pie diabético,

	<p>miércoles 26 julio 2017, dentro del 1er Curso de calidad en el manejo integral de las heridas y pie diabético. 25-28 de julio 2017. Auditorio Nanahuatzin, Instituto Nacional de Rehabilitación. ¿ TECNOLOGÍA DE HIPERTERMIA COMO TERAPIA EN PROBLEMAS ONCOLÓGICOS. LUGAR: EDIFICIO TORRES QUEVEDO, SALA DE CONFERENCIAS DEL ITEFI, A LAS 10:00 H DEL DÍA 13 DE JULIO DEL 2017, MADRID, ESPAÑA. ¿ Dr. Lorenzo Leija. Exposición de resultados e impactos del proyecto ¿Sistema electrónico de ayuda médica para el diagnóstico del estado de avance de la enfermedad del pie diabético¿. Fondo Conjunto de Cooperación México-Uruguay. Reunión para la presentación de resultados y cierre de proyectos del Primer Programa Técnico y Científico. 14 de diciembre de 2016, Edificio S.R.E, Sala de Juntas Piso 5, Ciudad de México, México ¿ Reunión científico-técnica dentro del proyecto de Cooperación Científica financiado por el CSIC: Ref. COOPB20166 ¿ Red ¿Adecuación de Técnicas Ultrasonicas AF con Ultra-Alta Resolución del CSIC al Diagnóstico Precoz No-invasivo de Enfermedades Degenerativas en México¿, que se celebrarán en el D. de Ingeniería Eléctrica del CNVESTAV en México DF, los días 24 y 25 de Noviembre, sala de juntas de la Sección de Bioelectrónica del Cinvestav, ubicado en la Avenida Instituto Politécnico Nacional 2508, Col San Pedro Zacatenco, Del Gustavo A. Madero, CP 07360, Ciudad de México. ¿ Antonio Ramos, Conferencia, Experiencias en investigación para nuevas aplicaciones del Ultrasonido en México. Proyecto i-COOP (Cooperación CSIC-CINVESTAV)¿. aula de juntas de la Sección de Bioelectrónica, Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav-IPN, en el horario de las 8:00 a 10:00 h del día 5 de abril del 2017. Proyectos que aportan fondos concurrentes al proyecto diabetes. Proyecto: Sistema electrónico de ayuda médica para el pre diagnóstico del estado de avance de la enfermedad del Pie diabético. Fondo Conjunto de Cooperación México-Uruguay 2012-2016, Secretaría de Relaciones Exteriores de México y Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional (AMEXCID-AUCI). Responsables: Lorenzo Leija (Mx) y Carlos Negreira (Uy). Monto: 69,400 USD Proyecto: Adecuación de Técnicas Ultrasonicas AF con Ultra-Alta Resolución del CSIC al Diagnóstico Precoz No-invasivo de Enfermedades Degenerativas en México Clave: COOPB20166. Fuente de financiamiento: Convocatoria Vicepresidencia de Investigación científica y técnica del CSIC I-COOP+2015, Financiamiento CSIC: 20,000 Euros. Vigencia 01-01-2006 al 31-12-2017 Proyecto EMHE 200022, que ampara el Programa de doctorado EMHE-CSIC-2016: Tecnologías ultrasónicas y de procesamiento espectral para la detección precoz preventiva de enfermedades endémicas en México. Directores de tesis: Dr. Antonio Ramos y Lorenzo Leija (CSIC, España y Cinvestav, México, 3 años de estancias de estudiantes e investigadores relacionados con la dirección de tesis REUNIONES DE PREPARACIÓN DE CONTINUACIÓN DEL PROYECTO DIABETES Se hicieron los contactos para regular y cumplir las normas de ensayos clínicos y de instrumentos y prototipos con aplicación biológica antes las Instituciones siguientes: ¿ Cofepris, Dra. Rosa Guadalupe Legaspi Jaime, COFEPRIS/CAS/Coordinadora/Ensayos Clínicos. Se hizo una reunión en las instalaciones de la Cofepris, se estableció el procedimiento y contacto para el registro de los ensayos con humanos del proyecto y las normativas que se tienen que cumplir. La reunión tuvo lugar el día 21 de junio a las 10:00 h ¿ Dr. Enrique González Hernández, y otros responsables ante el INR para arrancar la Clínica de atención del pie diabético, somos parte del proyecto, proporcionando los instrumentos resultados del proyecto Diabetes. Reunión del 27 de abril del 2017. ¿ Dra. Elisa L. González Alatorre, Gerente Académica. Federación Mexicana de diabetes. Participarán en las pruebas de los equipos diseñados. Reunión del 1 de junio 2017 ¿ Dr. Óscar Olvera Neria, Área de Física Atómica Molecular Aplicada, UAM-Azcapotzalco. Investigador sobre la terapéutica de la diabetes desde propuestas moleculares. Reunión del día jueves 2 de febrero 2017. ¿ Reunión con el Dr. Carlos Javier Pineda Villaseñor Director de Investigación del INR el día 2 de diciembre del 2016, el objetivo fue el presentar el avance del proyecto pie diabético que tenemos con el grupo de Investigación de Ingeniería Biomédica a cargo de la Dra Josefina Gutiérrez. Se presentaron los trabajos del laboratorio LAREMUS a cargo de los Dres. Lorenzo Leija y Arturo Vera. Se presentaron 7 exposiciones de avance de proyectos 3 de doctorado y 4 de Maestría en el aula de juntas de Bioelectrónica el día 2 de diciembre del 2016.</p>
<b>Pregunta:.</b>	<i>ACCIONES CONSIDERADAS PARA CORREGIR LAS DESVIACIONES A LAS METAS, EN SU CASO.</i>
<b>Respuesta:</b>	No hay desviaciones
<b>Pregunta:.</b>	<i>RECURSOS HUMANOS EN FORMACIÓN (Mencionar nombre, clave de registro del estudiante y nivel).</i>
<b>Respuesta:</b>	Héctor Maldonado, estudiante doctorado, en proceso, Term. agosto 2019 CVU 37195 Ilse Anahi Torres, estudiante de doctorado, en proceso, term agosto 2021 CVU 629288 Rafael Bayareh Mancilla, estudiante Maestría, termina antes de octubre CVU 705638

<b>Pregunta:.</b>	<i>OBSERVACIONES RELEVANTES AL EJERCICIO DEL PRESUPUESTO AUTORIZADO POR EL FIDEICOMISO.</i>
<b>Respuesta:</b>	El uso de los recursos otorgados y su ejercicio está completo, así como la demostración de aportación y uso de fondos concurrentes. Se hace una estancia de un estudiante, estará 3 meses, el complemento de gasto es con otro proyecto. Se tiene una publicación indexada. Se ha tenido una reunión en España del proyecto y en unos días se tendrá otra reunión con integrantes nacionales, dentro de un taller en el INR. Se solicitó un cambio de partida: Se mandó una carta solicitando una transferencia de la partida de Pasajes y viáticos a la partida de diseño y prototipo de pruebas, dirigido a la C.P. Lidia Barbosa (Cinvestav), se comprobó esta partida con una OPR por la cantidad de 10 500 pesos
<b>Pregunta:.</b>	<i>ESTADO DE LAS APORTACIONES COMPLEMENTARIAS COMPROMETIDAS (EN EL CASO DE EMPRESAS).</i>
<b>Respuesta:</b>	No somos empresas, somos un Centro de Investigación público. Como institución pública, estamos comprobando los fondos concurrentes que indicamos en el proyecto. Aunque no entiendo lo puntillosos que dicen en el Cinvestav que son en Conacyt, dependemos de proyectos y se nos exige comprobar los gastos dentro del periodo. Esta condición nos ha costado cumplirla, pero se ha hecho, solo menciono la dificultad de tener que ser en el periodo.
<b>Pregunta:.</b>	<i>COMPROMISOS PARA EL PERÍODO SIGUIENTE.</i>
<b>Respuesta:</b>	Es el último informe, ya no hay compromisos
<b>Pregunta:.</b>	<i>SI EL PROYECTO CUENTA CON AUTORIZACIÓN DE PRÓRROGA, INDICAR EL MOTIVO Y EL PERIODO OTORGADO.</i>
<b>Respuesta:</b>	Si se me otorgó un periodo de prórroga de 6 meses, la razón de esta solicitud es las dificultades que se tienen y se tendrán para hacer pruebas de laboratorio con material biológico, con humanos y productos humanos. En el Hospital INR, en donde se hacen las pruebas de los prototipos resultantes es una subse de evaluación de solicitudes del procedimiento de registro de estas actividades en la Cofepris.
<b>Observaciones / Justificación:</b>	En la parte positiva del proyecto quiero remarcar la iniciativa del nuevo Director del Instituto Nacional de Rehabilitación de crear una clínica enfocada a la atención específica del pie diabético. Esta clínica se está creando con una novedad, se pretende integrar en la atención al paciente, los prototipos resultantes del proyecto y otras nuevas necesidades tecnológicas, se está pidiendo a los participantes de este proyecto que participemos en este proyecto. El INR desde su creación, integró en su funcionamiento a especialistas ingenieros biomédicos, en este caso en la creación de la clínica de atención al diabético también pretende unir desde su arranque a médicos especialistas en diabetes con ingenieros del INR como del Cinvestav . En lo referente al proyecto se alcanzaron las metas se tienen prototipos que miden propiedades físicas de tejido del pie diabético, los cuales habrá que seleccionar para integrar en un solo instrumento las mediciones de propiedades físicas, la historia clínica de atención al paciente, la inteligencia artificial que proponga al médico tratante un diagnóstico y el servicio de enlace pro internet a los investigadores médicos que estén interesados en los resultados. Se tienen registros de propiedad intelectual de software. Las patentes no se han hecho, duran al menos 5 años en otorgar una patente en México y estamos evaluando su utilidad. Se hicieron las publicaciones indexadas comprometidas y la formación de recursos humanos hubo en el periodo uno. Se hicieron 3 reuniones de los integrantes del proyecto, con profesores extranjeros cooperantes en el proyecto (2º semestre del 2016), una con el Director de investigación del INR (Dic-2016) y la última en el INR (26 de julio 2017). Los beneficiarios fueron personal de INR así como alumnos de los laboratorios involucrados del Cinvestav.

### Documentos Anexos

<b>Tipo de Informe</b>	T
<b>Tipo de Archivo</b>	Informe Técnico
<b>Descripción</b>	
<b>Consecutivo</b>	1
<b>Fecha</b>	22-JUL-17
<b>Archivos Anexos</b>	S0008_00000000201590_006__17_22_2017224EBs-Ernesto.pdf

**Tipo de Informe** T  
**Tipo de Archivo** Informe Técnico  
**Descripción**  
**Consecutivo** 2  
**Fecha** 22-JUL-17  
**Archivos Anexos** S0008\_000000000201590\_006\_\_27\_22\_2017228EBE-Rafael.pdf

**Tipo de Informe** T  
**Tipo de Archivo** Informe Técnico  
**Descripción**  
**Consecutivo** 3  
**Fecha** 22-JUL-17  
**Archivos Anexos** S0008\_000000000201590\_006\_\_37\_22\_2017246EBs-TonyR.pdf