

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Departamento:
Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Programa de acreditación:
PROINCE.

Programa de Investigación¹:

Código del Proyecto: C252

Título del proyecto
**PROCESAMIENTO DE SEÑALES DE VOZ PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE
 PARKINSON USANDO HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS**

PI Dependencia Compartida:
 Elija un elemento.

PI Interdepartamental:
 Elija un elemento.

Informe Final

Director:
Santa María, Cristóbal

Director externo:

Codirector:
Aubin, Verónica Inés

El presente documento se propone relevar las actividades acontecidas a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, con especial foco en las transferencias producidas a los efectos de difundir los resultados alcanzados. Esto se enmarca en las Políticas de la Secretaría de CyT UNLaM, bajo el lema de que el conocimiento científico es conocimiento comunicado. En la práctica científica habitual, este es transferido mediante distintos tipos de producciones: publicaciones en eventos científicos, libros, capítulos de libros, entre otras, destacándose particularmente el Artículo Científico/paper.

¹ Los Programas de Investigación de la UNLaM están acreditados con resolución rectoral, según lo indica la Resolución HCS N° 014/15. Acerca de los **Lineamientos generales para el establecimiento, desarrollo y gestión de Programas de Investigación UNLaM**, sugerimos consultar en el Departamento Académico correspondiente a la inscripción del proyecto.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



A. Resumen del proyecto² (Desarrolle en no más de dos páginas.)

La Enfermedad de Parkinson (EP) es la segunda enfermedad neurodegenerativa después del Alzheimer. El diagnóstico clínico se puede confirmar luego de padecer la enfermedad varios años. En pacientes con EP se observan síntomas que afectan la producción de la voz. Uno de los métodos no invasivos para el diagnóstico temprano y seguimiento de EP es el análisis de voz. Identificar cambios tempranos que carecen de correlatos clínicamente perceptibles, beneficia al paciente con la posibilidad de recibir un tratamiento antes que la pérdida de neuronas sea mayor. El presente proyecto es continuación de los proyectos C199, C224 y C239 del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas y del Departamento de Ciencias de la Salud de la UNLaM. Este proyecto propone continuar con los estudios anteriores y aumentar el número de muestras de la BD generado anteriormente, para mejorar la precisión de los análisis realizados. Implementar un protocolo de recolección de datos clínicamente validados que incluye variables neuropsicológicas, así como el estado cognitivo y calidad de vida de los pacientes, permitirá un análisis más integral del estado de las personas que padecen esta enfermedad. Además, realizar estudios preliminares para evaluar el uso de dispositivos móviles en la captura de muestras de voz, frente a las realizadas en un ambiente controlado. Las grabaciones en un ambiente controlado, tienen la ventaja que los sonidos no presentan ruidos, pero implican el traslado del paciente, quien progresivamente ve reducida su movilidad debido a la enfermedad. Este trabajo es importante porque va en beneficio de la población con EP y potenciales pacientes.

El proyecto avanzó significativamente en la ejecución de los objetivos planteados inicialmente, aunque se identificaron ciertos obstáculos y ajustes en las actividades previstas. A continuación, se describe el grado de ejecución de las actividades y los resultados obtenidos, los cambios realizados, y las dificultades encontradas.

Ejecución de los Objetivos Planteados

Se estableció un convenio de colaboración con la Universidad Nacional del Oeste (UNO).

Se consolidó un proyecto interdisciplinario titulado “Estudio de rasgos vocales, de escritura y de expresión facial para la clasificación automática en la enfermedad de Parkinson”, en colaboración con las siguientes instituciones:

- Hospital Nacional Profesor Dr. Alejandro Posadas (HNP).
- Universidad Nacional del Oeste (UNO).
- Laboratorio de Investigaciones Sensoriales (LIS), INIGEM, CONICET-UBA.
- Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT-UNLAM).
- Grupo Procesamiento de Señales Multimedia, CIFASIS-CONICET, Universidad Nacional de Rosario.

Establecer este proyecto colaborativo entre las distintas instituciones fue un requisito del HNP para poder compartir la información de los enfermos de Parkinson (EP), quienes prestarán sus datos biométricos para ser utilizados en todas las investigaciones llevadas a cabo por cada una de las instituciones participantes.

Se llevaron a cabo reuniones interinstitucionales para acordar y confeccionar los siguientes protocolos, esenciales para la recolección de datos:

² Actualizar todos los ítems en el **Banco de datos de actividades de CyT del SIGEVA UNLAM** (del Director y de los integrantes del Proyecto), en especial “**Antecedentes y Producciones y Servicios**”. Ver: www.youtube.com/@cytunlam

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



- Protocolo de Grabación: Definición de los pasos para registrar las muestras de voz.
- Protocolo de Instrucciones al Paciente: Indicaciones sobre los fonemas, palabras y frases a emitir durante la grabación.
- Hoja de Registro de Datos: Información clínica y demográfica de los pacientes participantes.
- Documento de Consentimiento Informado: Garantizando la participación voluntaria y el uso ético de los datos.

Aunque estas actividades demandaron más tiempo del estimado, se logró la aprobación final en octubre de 2024. Contar con estos protocolos es de suma importancia ya que la implementación de un protocolo de recolección de datos clínicamente validados que incluye variables neuropsicológicas, así como el estado cognitivo y calidad de vida de los pacientes, permitirá un análisis más integral del estado de las personas que padecen esta enfermedad. Además crear la base de datos en base a este protocolo permite contar con un recurso robusto que posibilitará mejorar la precisión de los modelos de clasificación de enfermedad de Parkinson.

Se avanzó en la creación de la base de datos de sonidos y espectrogramas, ampliando el alcance original al incluir grabaciones captadas con teléfonos celulares, derivadas del proyecto previo (C239).

Se desarrollaron modelos de baja dimensionalidad para clasificar entre enfermo y sano utilizando medidas entrópicas y de autocorrelación extraídas de señales de audio. El mejor modelo, un SVN polinomial, logró un accuracy de 0.87 con tres características clave: autocorrelación (lag = 13), entropía de permutación pesada ($\tau = 13$, $m = 6$) y entropía espectral (2000-3000 Hz). Comparado con otros métodos, mostró mayor precisión y menor complejidad dimensional.

Se evaluaron redes neuronales convolucionales (CNN) (AlexNet, VGG-16, SqueezeNet, Inception V3, ResNet-50) y Máquinas de Aprendizaje Extremo (ELM) para el diagnóstico de Parkinson utilizando espectrogramas de audios completos y segmentados de la fonación /a/ sostenida. Los experimentos analizaron precisión, tiempo de entrenamiento, sensibilidad y especificidad. Las ELM se destacaron por su alta precisión diagnóstica y menor tiempo de entrenamiento en comparación con las CNN.

Se llevaron a cabo por parte de las fonoaudiólogas del equipo, evaluaciones perceptuales de las grabaciones de los pacientes sanos, para determinar si las mismas presentan algún tipo de alteración, no dependiente de la enfermedad de Parkinson.

Se realizaron publicaciones y presentaciones fomentando la transferencia de conocimiento, las que se presentan en el apartado correspondiente.

Obstáculos Encontrados y Reajuste de Cronogramas:

Demoras en la Aprobación de Protocolos: La necesidad de cumplir con los requisitos específicos del HNP y las dificultades para coordinar con múltiples instituciones retrasaron la aprobación de los protocolos hasta fines de octubre de 2024. Como consecuencia, las actividades de captura de muestras comenzaron más tarde de lo previsto, lo que impidió avanzar en el preprocesamiento de audios, originalmente planificado para esta etapa.

Los estudios previstos llevar a cabo sobre la nueva BD, se llevaron a cabo sobre el corpus disponible en la UNLaM.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



B. Informar cada producción con filiación UNLaM que derive de la presente investigación (artículo de revista/papers, libro, parte de libro, trabajos en eventos publicados/ponencia, etc.).

c. Anexar los textos de las producciones en SIGEVA UNLAM.³

D.

Tipo de Producción	Artículo publicado en revista
Título	Parsimonious 2D and 3D Feature Spaces for Parkinson's Disease Classification Using Speech Signals
Autor/es	Mónica Giuliano, Luis Alberto Fernández, Walter Legnani
Revista	JASA- Journal of the Acoustical Society of America
Editorial	Acoustical Society of America
Fecha	19 de dic de 2024
Situación	En evaluación
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

E.

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	Desarrollo de una Base de Datos de Grabaciones de Voz para la Detección de la Enfermedad de Parkinson
Autor/es	Verónica I. Aubin, Mónica Giuliano, Renata S. Guatelli, Marco Mora
Congreso	CONAISI 2024 - Universidad Nacional de Catamarca. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – San Fernando del Valle de Catamarca. Argentina
Editorial	Universidad Nacional de Catamarca
Fecha	8/11/2024
Situación	En Prensa
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

F.

³ Los archivos deberán estar en formato PDF, a texto completo. Podrán ser publicados en el Repositorio Digital UNLaM, bajo Licencias Creative Commons. Será evaluada la inclusión en el Repositorio aquellas publicaciones que poseen una licencia diferente o declaración de copyright.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLAM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	Modelo de detección para la enfermedad de Parkinson mediante algoritmos de optimización para pocos datos.
Autor/es	Fabian Silva, Marco Mora, Verónica Aubin, Renata Guatelli, Karina Vilches
Conferencia Internacional	X CONFERENCIA INTERNACIONAL DÍAS DE MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN CIENCIAS - Chile
Editorial	
Fecha	Octubre 2024
Situación	En Prensa
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

Tipo de Producción	Trabajos en eventos C-T publicados
Título	Clasificación de enfermos de Parkinson mediante Máquinas de Aprendizaje Extremo (ELM)
Autor/es	Dra. Verónica Aubin, Mg. Renata Guatelli
Libro	WEHPEP 2024 - Segundo Workshop de Estudios del Habla en Pacientes con Enfermedad de Parkinson
Editorial	Editorial EDUNO
Fecha	16/8/2024
Situación	En Prensa
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

G.

Tipo de Producción	Parte de libros
Título	Detección de EP mediante espectrogramas en color y redes neuronales convolucionales
Autor/es	Dra. Verónica Aubin, Mg. Renata Guatelli
Libro	MEMORIA DEL PRIMER WORKSHOP DE ESTUDIOS DEL HABLA EN PACIENTES CON ENFERMEDAD DE PARKINSON -
Editorial	Editorial EDUNO - ISBN:978-987-48823-9-4
Fecha	2023
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



H.

Tipo de Producción	Artículo publicado en revista
Título	BRECS.net: Fortaleciendo la Biometría en América Latina con la UNLaM como Socio Fundador
Autor/es	Dra. Verónica Aubin
Revista	Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas. Vol. 9 Núm. 1 (2024)
Editorial	Editorial UNLaM
Fecha	Julio 2024
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://doi.org/10.54789/reddi.9.1.0

I.

Tipo de Producción	Parte de libros
Título	Procesamiento de Señales de Voz para la Clasificación de la Enfermedad de Parkinson Utilizando Redes Neuronales Convolucionales
Autor/es	Renata S. Guatelli, Verónica I. Aubin, Gabriela M. Barkats Von Willei, María del C. Dalmaso
Libro	Libro de Actas XXVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación - ISBN 978-987-8352-57-2 - pg 213 a 218
Editorial	EDUPA
Fecha	Abril 2024
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	
URL	https://wicc2024.unp.edu.ar/images/libros/LibroDeActasWICC2024.pdf

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Tipo de Producción	Parte de libros
Título	Procesamiento de Señales de Voz para la Clasificación de la Enfermedad de Parkinson Utilizando Redes Neuronales Convolucionales
Autor/es	Renata S. Guatelli, Verónica I. Aubin, Gabriela M. Barkats Von Willei, María del C. Dalmaso
Libro	Libro de pósteres WICC 2024-UNPSJB: XXVI Workshop de Investigadores em Ciencias de la Computación - ISBN 978-987-8352-56-5 pg 60
Editorial	EDUPA
Fecha	Abril 2024
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	
URL	https://wicc2024.unp.edu.ar/images/libros/LibroDePostersWICC2024.pdf

Tipo de Producción	Artículo publicado en revista
Título	<i>Detection of Parkinson's disease based on spectrograms of voice recordings and Extreme Learning Machine random weight neural networks</i>
Autor/es	Guatelli, R., Aubin, V., Mora, M., Naranjo-Torres, J., Mora-Olivari, A
Revista	<i>Engineering Applications of Artificial Intelligence</i> - Vol 125 - ISSN:0952-1976
Editorial	Elsevier
Fecha	Octubre 2023
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106700
URL de descarga del artículo	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197623008849

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Tipo de Producción	Trabajo de Tesis
Título	Detección de la Enfermedad de Parkinson basada en Máquinas de Aprendizaje Extremo
Autor/es	Guatelli, Renata Silvia.
Editorial	UNLaM
Fecha	Septiembre 2023
Situación	Publicado
DOI y/o Enlace/link (solo si está publicado)	
URL	https://repositoriocyt.unlam.edu.ar/bitstream/123456789/1588/1/MI%20Guatelli.pdf

J. **C. Vinculación**⁴: Indicar conformación de redes, intercambio científico con actores externos, con otros grupos de investigación; desarrollos; con el ámbito productivo o con entidades públicas, etc. Desarrolle en una página.

- Se conformó la red BRECS.NET_ Red Científica de Reconocimiento Biométrico, de la cual la UNLaM es miembro fundador a través de la representación de la Dra. Verónica Inés Aubin. BRECS.net es una red académica cuyo objetivo principal es contribuir al fortalecimiento de las capacidades técnicas, normativas y formativas de los países latinoamericanos en el área de biometría desde una perspectiva interdisciplinaria a partir de la creación de una red de colaboración internacional con la participación de especialistas en el área y la formación de capital humano en aspectos técnicos y éticos de los sistemas biométricos avanzados. Esta red se forma bajo el paraguas del Proyecto ANID FOVI230126, financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo del Gobierno de Chile.
- El Proyecto “Análisis exploratorio de parámetros vocales y expresión facial en pacientes con enfermedad de Parkinson”. permitió generar vínculos entre los grupos de investigación y las siguientes instituciones participantes.

Instituciones participantes:

- Servicio de Neurocirugía Funcional- Hospital Nacional Profesor Dr. Alejandro Posadas (HNP)
- Instituto de ciencias de la Salud - Universidad Nacional del Oeste (UNO)
- Laboratorio de Investigaciones Sensoriales (LIS), INIGEM, CONICET-UBA
- Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT-UNLAM)
- Grupo Procesamiento de Señales Multimedia- Universidad Nacional de Rosario (CIFASIS-CONICET)

Investigador principal:

Darío Adamec (Servicio de Neurocirugía Funcional-HNP)

⁴ Entendemos por acciones de “vinculación” aquellas que tienen por objetivo dar respuesta a problemas, generando la creación de productos o servicios innovadores en articulación con el entramado socioproductivo.

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Investigadores internos:

María Fernanda López (Servicio de Neurocirugía Funcional-HNP)

Investigadores externos:


- Alan Berduc (Instituto de ciencias de la Salud-UNO y Hospital Posadas)
- Veronica Aubin (UNLaM Univ Nac de La Matanza)
- Monica Giuliano (Instituto de ciencias de la Salud-UNO)
- Juan Carlos Gómez (CIFASIS-CONICET-UNR, Grupo Procesamiento de Señales Multimedia)
- Renata Guatelli (UNLaM Univ Nac de La Matanza)
- Mercedes Güemes (CONICET / Instituto de ciencias de la Salud-UNO)
- Silvia Noemi Perez (Instituto de ciencias de la Salud-UNO)
- Pedro Occhipinti (Instituto de ciencias de la Salud-UNO)
- Gonzalo Daniel Sad (CIFASIS-CONICET-UNR, Grupo Procesamiento de Señales Multimedia)
- Humberto Torres (Laboratorio de Investigaciones Sensoriales - INIGEM-CONICET-UBA)

Duración estimada: 3 años

Proyectos Universitarios vinculados que dan viabilidad a este proyecto presentado

- Universidad Nacional del Oeste (UNO)
Título del proyecto de investigación: Procesamiento y análisis del habla con desarrollo de tecnologías para detectar y monitorear pacientes con enfermedad de Parkinson
- Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM)
Título del proyecto de investigación: Procesamiento de señales de voz para la clasificación de la enfermedad de Parkinson usando herramientas tecnológicas C252.
- Universidad Nacional de Rosario (UNR)
Título del proyecto de investigación: Técnicas Avanzadas de Procesamiento de Señales e Imágenes - Aplicaciones en Visión Robótica y en Procesamiento Multimodal de Señales para el Estudio de Patologías que afectan el Habla y el uso del lenguaje.
- Consejo de Investigaciones Técnicas y Científicas (CONICET) - Universidad Nacional del Oeste (UNO)

Código	FPI-009
Objeto	Guía de elaboración de Informe de avance/final de proyecto
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	8
Vigencia	19/09/2024



Título del proyecto de investigación: Patrones acústicos, prosódicos y morfosintácticos en el habla como herramientas para la detección temprana y seguimiento de pacientes con enfermedad de Parkinson

K. D. Otra información. Incluir toda otra información que el Director considere pertinente.

D1 Premios obtenidos:

- Premio Transferir UNLaM 2023
Título del artículo: “Detection of Parkinson’s disease based on spectrograms of voice recordings and Extreme Learning Machine random weight neural networks”
Título de la revista en la que fue publicado: Engineering Applications of Artificial Intelligence
Número de ISSN: 0952-1976
Número del fascículo y volumen: Vol° 125, Año 2023.
DOI del artículo: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106700>
- Trabajo distinguido VI JIAAIS, Procesamiento del Habla para la Clasificación de Personas con Enfermedad de Parkinson, Mónica Giuliano, Humberto Torres y Verónica Aubin

D2 Formación de recursos humanos:

Tesis de posgrado: Maestría

Director (apellido y nombre)	Tesista (apellido y nombre)	Institución	Calificación	Fecha /En curso	Título de la tesis
Aubin, Verónica Inés	Guatelli, Renata Silvia	UNLaM	10	06/09/2023	Detección de la Enfermedad de Parkinson basada en Máquinas de Aprendizaje Extremo